EnOB Forschung für Energieoptimiertes Bauen

ViBau

VIP-BAU.DE Vakuum-Isolations-Paneele am Bau

Vakuumdämmung im Bauwesen

Block III

Bauphysik

Teil 2/4: Feuchteschutz

angefertigt von der Wolfgang Sorge IfB GmbH / Nürnberg
im Auftrag des ZAE Bayern / Würzburg

Stand: September 2009

ZAE BAYERN

Gefördert durch das
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

© ZAE Bayern

Nutzungsbedingungen

1) Urheberrechtshinweis:

Copyright ©
Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e. V. (ZAE Bayern)
Am Hubland
97074 Würzburg

Alle Rechte vorbehalten.

Alle Urheberrechte der Webseite www.vip-bau.de und der vorliegenden Unterlagen für die Aus- und Weiterbildung liegen beim ZAE Bayern.

Diese Webseite, sowie die darauf eingestellten Dokumente dürfen kopiert, ausgedruckt und verteilt werden, vorausgesetzt:

- Sie werden nur zu Informationszwecken - insbesondere für die Aus- und Weiterbildung von Fachplanern, Architekten und Handwerkern - und nicht kommerziell verwendet, und
- jede Kopie - auch Auszüge - enthält den vorgenannten Urheberrechtshinweis.

2) Haftungshinweis:

Das ZAE Bayern haftet nicht für die Inhalte externer Links, dafür sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.

Das ZAE Bayern ist bemüht, sein Webangebot stets aktuell und inhaltlich richtig sowie vollständig anzubieten. Dennoch ist das Auftreten von Fehlern nicht völlig auszuschließen und das ZAE Bayern übernimmt daher keine Haftung für die Aktualität, die inhaltliche Richtigkeit sowie für die Vollständigkeit der eingestellten Informationen und Dokumente.

Geschützte Marken, Namen, Bilder und Texte werden in der Regel nicht als solche kenntlich gemacht. Das Fehlen einer solchen Kennzeichnung bedeutet aber nicht, dass es sich um einen freien Namen, ein freies Bild oder einen freien Text handelt.

3) Hinweis auf Fördermittelgeber:

Der Aufbau und die Pflege der Informationsplattform www.vip-bau.de, wie auch die Ausarbeitung von Unterlagen für die Aus- und Weiterbildung werden und wurden vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages im Rahmen des Forschungsschwerpunkts EnOB - Forschung für Energieoptimiertes Bauen - mit dem Forschungsakzent ViBau gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichungen liegt bei den Autoren.

© ZAE Bayern

Gliederung

- Grundlagen
- Untersuchungsmethoden
- Berechnungsverfahren
- Feuchteschutz bei VIP
- Hygrothermische Untersuchungen
- VIP als Außenwanddämmung
- VIP als Außendämmung
- Innendämmung - allgemein
- VIP als Innendämmung

© ZAE Bayern

Grundlagen

- Feuchteschutz stellt sicher:
  - Dauerhaftigkeit:
    - mechanische Belastung (Quell- und Schwindvorgänge durch Feuchtewechsel / Salzkristallisationsprozesse),
    - Schäden durch Frost, Fäulnis oder Korrosion bei erhöhter Materialfeuchte,
    - unvollständige Hydratation durch zu rasche Trocknung;
  - Wärmeschutz:
    - mit dem Feuchtegehalt im Baustoff sinkt die Dämmwirkung;
  - Hygiene:
    - verstärkte Verschmutzung, Algen- oder Schimmelpilzbildung.

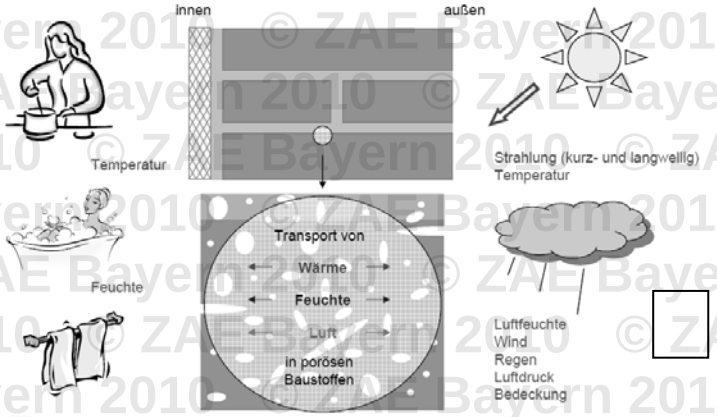
Quelle: jumo.kd

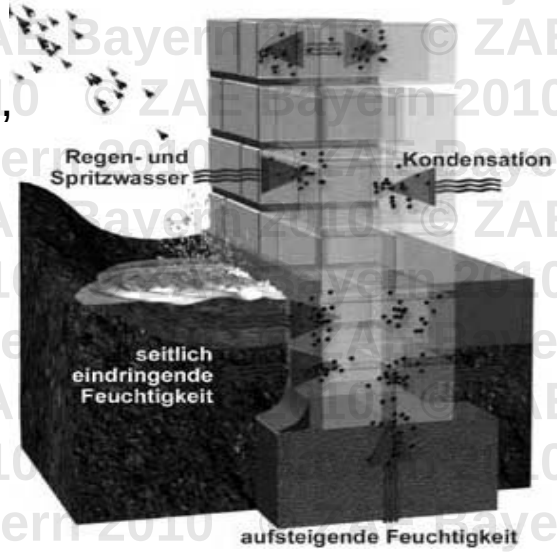
© ZAE Bayern 2010

© ZAE Bayern

Grundlagen

- Feuchteeinwirkungen:
  - Baufeuchte,
  - Niederschlagsfeuchte,
  - Wasserdampf :
    - interne Feuchtequellen,
    - raumseitige Tauwasserbildung,
    - Tauwasserbildung im Bauteil;
  - Bodenfeuchtigkeit:
    - Erdfeuchte,
    - Sickerwasser,
    - Schichtenwasser.





Quelle: Staude GmbH, J. Grunewald,

© ZAE Bayern

Grundlagen

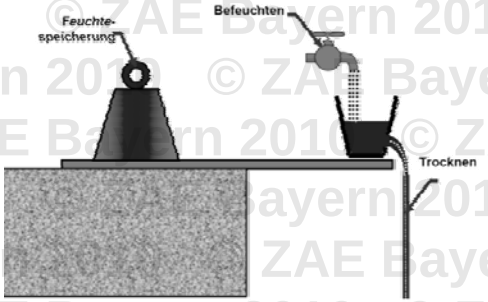
- Feuchteschäden und mikrobieller Befall durch
  - erhöhte Feuchteeinwirkung,
  - mangelhaften Wärmeschutz:
    - ungenügendes Wärmedämmniveau,
    - erhöhte Wärmeübergangswiderstände,
    - Wärmebrücken,
    - unzureichende Beheizbarkeit;
  - Nutzerfehlverhalten:
    - mangelhaftes Lüftungsverhalten,
    - unüblich hohe Feuchteproduktion,
    - unzureichende Beheizung.

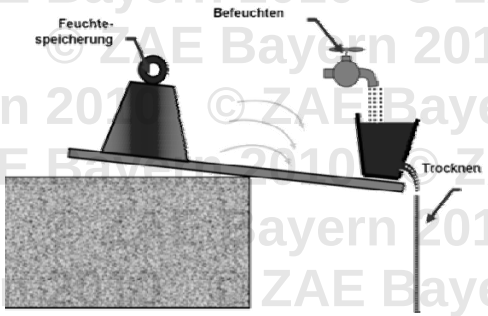
Quellen: Ortler, Riggert

© ZAE Bayern

Grundlagen

- Ursache von Bauschäden:
  - mehrheitlich infolge Feuchteeinwirkungen,
  - häufigste Ursachen:
    - Bauausführung:
      - z. B. Qualität / Baufeuchte;
    - Planung:
      - Schichtenfolge / Abdichtung,
      - konstruktiver Feuchteschutz,
      - Materialwahl;
  - kein Feuchtegleichgewicht.





- Vermeidung durch **Feuchtemanagement.**

Quellen: Holm, A.

© ZAE Bayern

Grundlagen

- Feuchtemanagement I:
  - Abführen von Baufeuchte,
  - Abdichten gegen Brauchwasser,
  - Tauwasserschutz für Oberflächen:
    - Raumdurchlüftung verbessern,
    - Bauteilwärmeschutz verbessern,
    - Wasserdampfproduktion drosseln,
    - Wärmeübergang an der Oberfläche verbessern,
    - niedrige Raumlufttemperaturen vermeiden,
    - Raumorientierung beachten.

Quellen: Hörst, P., FHG IBP, redinvest AG

© ZAE Bayern

Grundlagen

- Feuchtemanagement II:
  - Tauwasserschutz im Bauteilinneren:
    - Veränderung der Schichtenfolge,
    - Austausch von Baustoffen,
    - Einbau von dampfdichten Schichten,
    - Hinterlüften / Belüften,
    - Wasserdampf-Flankenübertragung beachten,
    - Sicherstellung der Winddichtigkeit;
  - Schutz vor Wasser im Baugrund:
    - Dränmaßnahmen,
    - Abdichtung mit Dichtungsbahnen / Beschichtungen (hohe Lebensdauer).

Quellen: Förste J., Rauch P., Langer K.-H.

© ZAE Bayern

Grundlagen

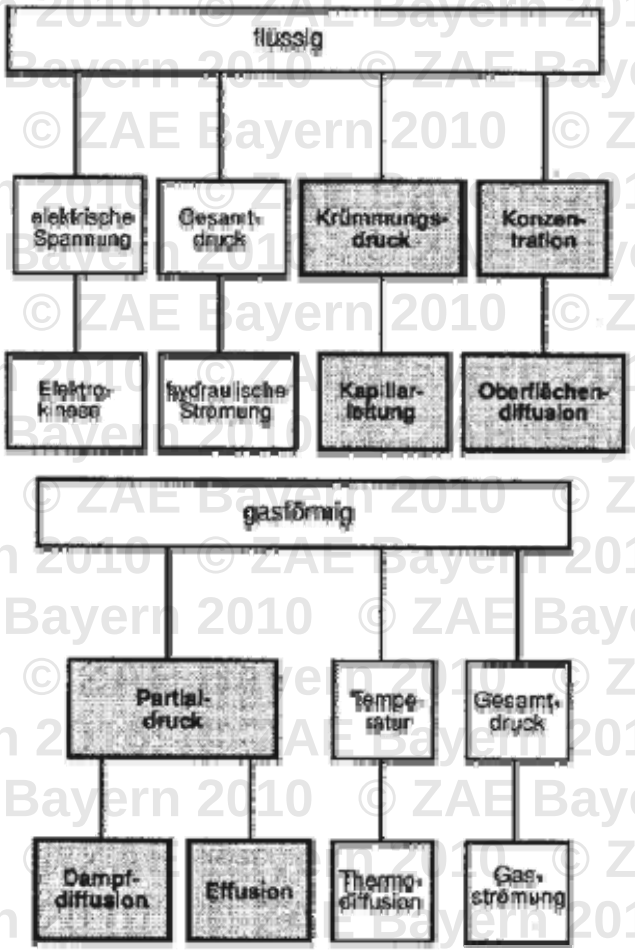
- Feuchtemanagement III:
  - Schlagregenschutz:
    - Unterscheidung zwischen 3 Beanspruchungsgruppen:
      - Gebäudehöhe,
      - örtl. Niederschlagsfeuchte,
      - Windverhältnisse;
    - Regenwasseraufnahme durch
      - kapillare Saugwirkung der Wandoberfläche,
      - Risse / Spalten,
      - fehlerhafte Abdichtungen;
    - konstruktiver Schlagregenschutz:
      - Außenwandbekleidungen,
      - Verblendungen,
      - Putze / Beschichtungen.

Quellen: Rüpke, baunetz wissen .

© ZAE Bayern

Grundlagen

- Transportmechanismen:
  - Wärmeleitung,
  - Wasserdampfdiffusion,
  - Oberflächendiffusion,
  - Kapillarleitung,
  - Luftströmung,
  - Sickerströme,
  - Elektrokinese,
  - osmotische Effekte.

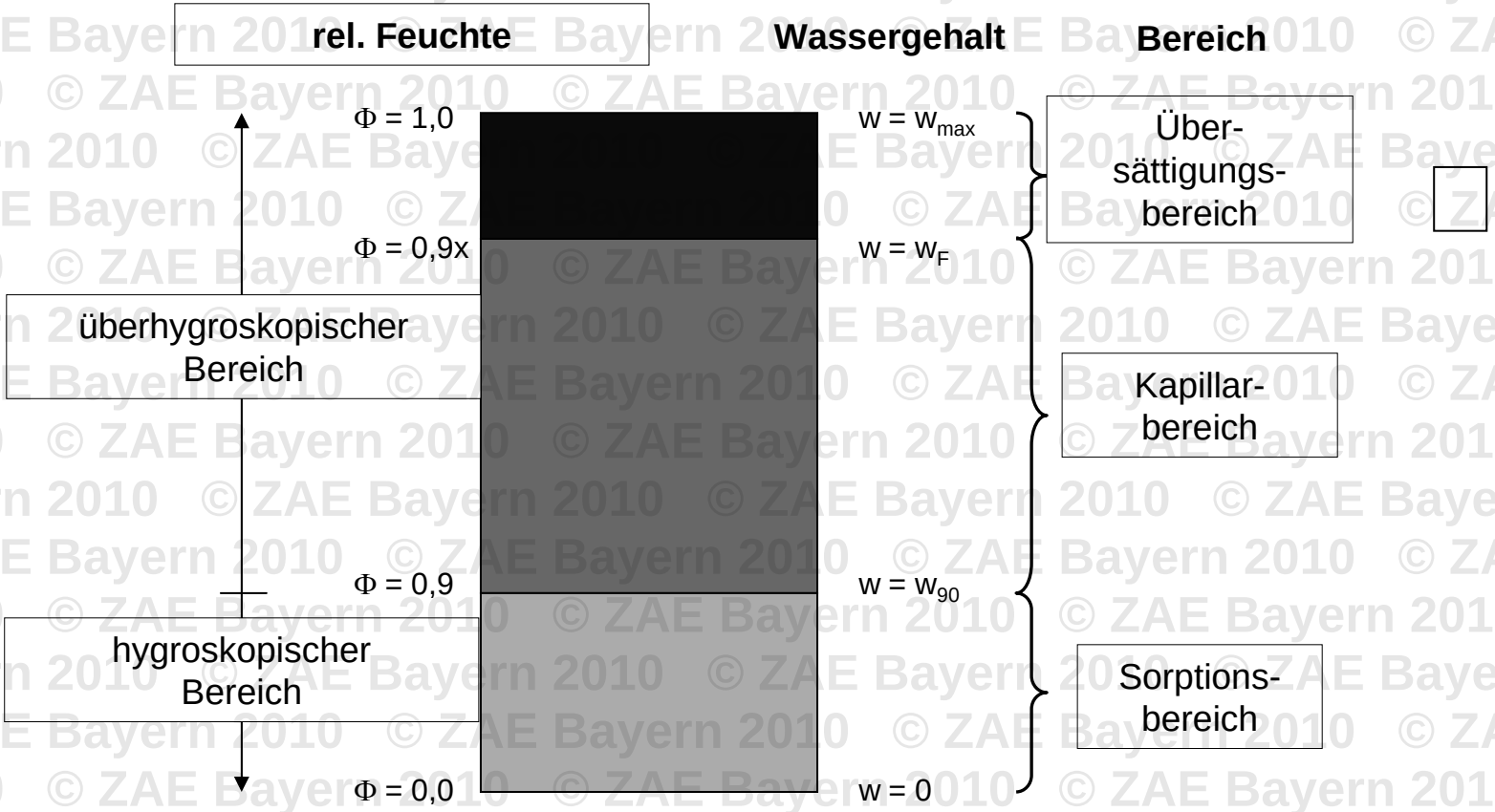


Quelle: Holm, A.

© ZAE Bayern

Grundlagen

- Feuchtegehaltsbereiche:

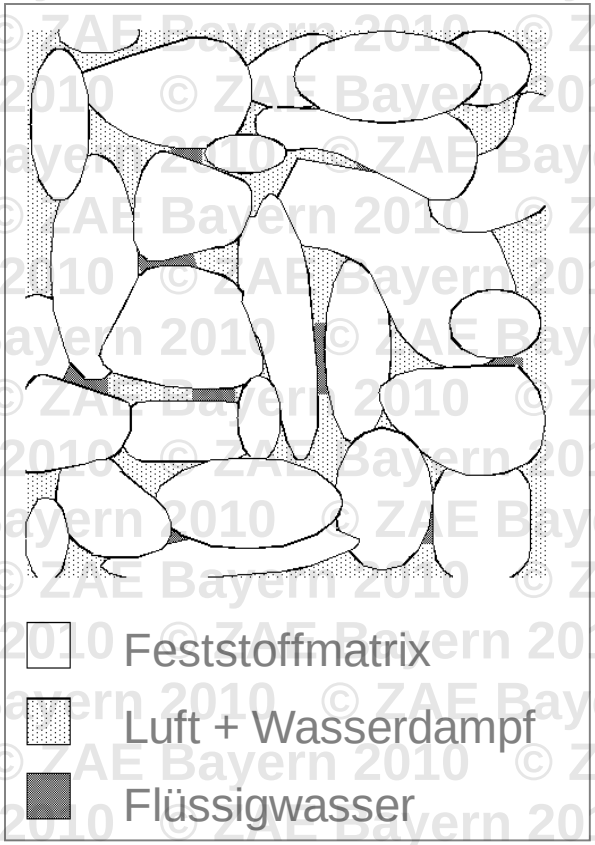


Quelle: Feist

© ZAE Bayern

Grundlagen

- Bauteil-Kenndaten:
  - Rohdichte,
  - Porosität,
  - Wärmekapazität ,
  - Wärmeleitfähigkeit,
  - Diffusionswiderstandsfaktor,
  - Feuchtespeicherfunktionen:
    - Sorptionskurve,
    - Saugdruckkurve;
  - Leitfähigkeit von Flüssigkeiten.



Quelle: H. Fechner, TUD

© ZAE Bayern 2010
© ZAE Bayern

Grundlagen

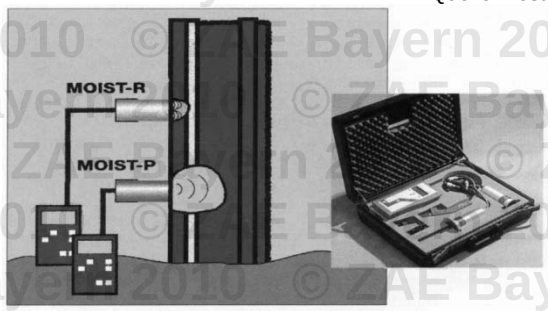
- Besonderheiten von VIP
  - sehr geringe Wärmeleitfähigkeit:
    - starker Temperaturabfall bzw. -anstieg auf kurzer Strecke,
    - Durchlässigkeit an den VIP-Stoßstellen möglicherweise kritisch;
  - Hochbarrierelaminate sind systemimmanent beidseitig dampf- und gasdicht:
    - nahezu keine Diffusion von Wasserdampf- und Gasmolekülen,
    - Wirkung wie eine extrem gute Dampfsperre,
    - an VIP angrenzendes Konstruktionswasser kann die Lebensdauer von VIP beeinträchtigen:
      - erhöhte Permeation von Wasserdampfmolekülen,
      - Erhöhung des Restgasdrucks im VIP,
      - Verminderung der Wärmedämmwirkung,
      - grundsätzlich gilt ein VIP-Element dennoch als diffusions**dicht**.

© ZAE Bayern

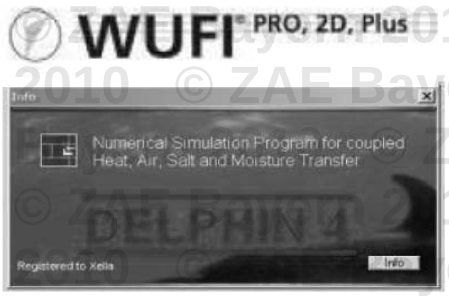
Untersuchungsmethoden

- Feststellung anfallender Feuchtigkeit:
  - Messverfahren, u. a.:
    - Kernbohrung und Messung des Wassergehalts,
    - Infrarot Messung,
    - Mikrowellen-Feuchtemessung,
    - elektrische Feuchtemessung;
  - Berechnungsverfahren:
    - stationäre Berechnungsverfahren:
      - Glaserverfahren;
    - instationäre Berechnungsverfahren:
      - Cond,
      - BSim,
      - Hyg2D,
      - Wufi / Delphin;

Quelle: Testo



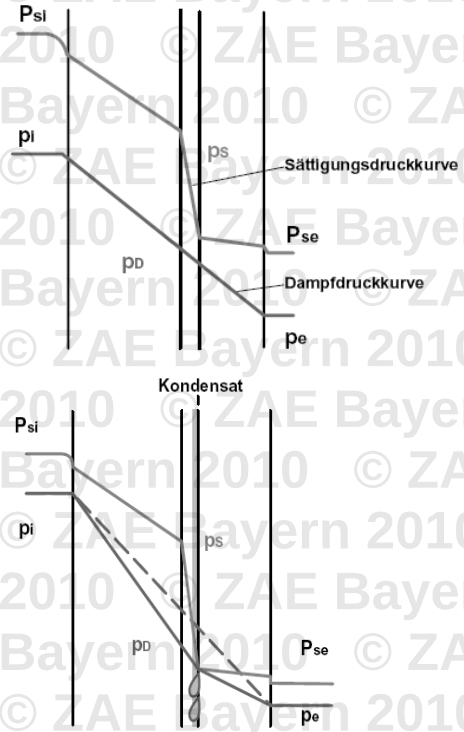
Quelle: IRP Fraunhofer



© ZAE Bayern

Berechnungsverfahren (stationär)

- Glaserverfahren gem. DIN 4108-3:
  - vereinfachtes grafisch-tabellarisches Verfahren,
  - nur Diffusion wird berücksichtigt,
  - statische Klimarandbedingungen:
    - Tauperiode (Winter):
      - Dauer: 1.440 Stunden (60 Tage)
      - Außenklima -10 °C, 80 % rel. Feuchtigkeit,
      - Innenklima 20 °C, 50 % rel. Feuchtigkeit;
    - Verdunstungsperiode (Sommer):
      - Dauer: 2.160 Stunden (90 Tage)
      - Außenklima 12 °C, 70 % rel. Feuchtigkeit,
      - Innenklima 12 °C, 70 % rel. Feuchtigkeit.



Quelle: Fechner

© ZAE Bayern

Berechnungsverfahren (instationär)

- Wufi / Delphin (mit realen Klimadaten):
  - Differentialgleichungssystem zur Beschreibung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransportes,
  - Berücksichtigung realer (instationärer) Vorgänge:
    - Dampfdiffusion:
      thermischen Eigenbewegungen der Moleküle im gasförmigen Zustand,
    - Lösungsdiffusion:
      Wassertransport durch An- und Einlagern von Wassermolekülen in die Makromoleküle der Polymere auf der feuchten Seite,
    - Oberflächendiffusion:
      Flüssigtransport im Sorbatfilm hygroskopischer Stoffe,
    - Kapillarleitung:
      Flüssigwassertransport in kapillarporösen Baustoffen.

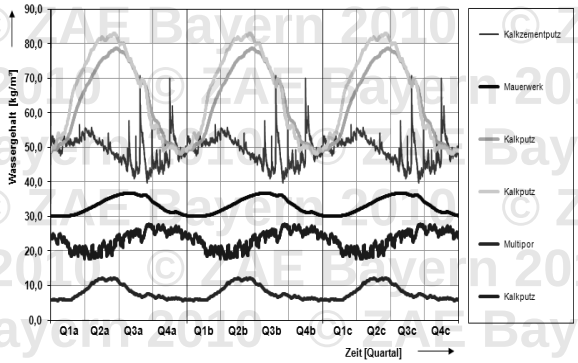
Transport-mechanismen

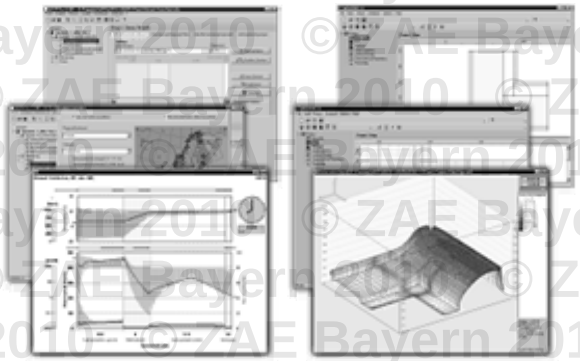
Quelle: Künzel, Sedlbauer, Holm, Krus

© ZAE Bayern

Berechnungsverfahren (instationär)

- Auswertung - Basisanalyse:
  - Gesamtwassergehalt:
    - Konstruktion,
    - Ausschnitten der Konstruktion;
  - Feuchtegehalt:
    - der einzelnen Bauteilschichten,
    - an kritischen Punkten;
  - Feuchte- und Temperaturverteilung:
    - über die Konstruktion,
    - an Stoßstellen.



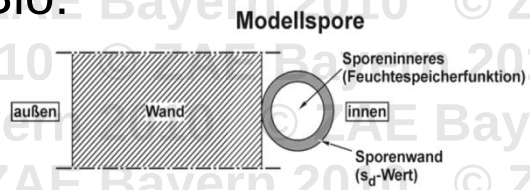


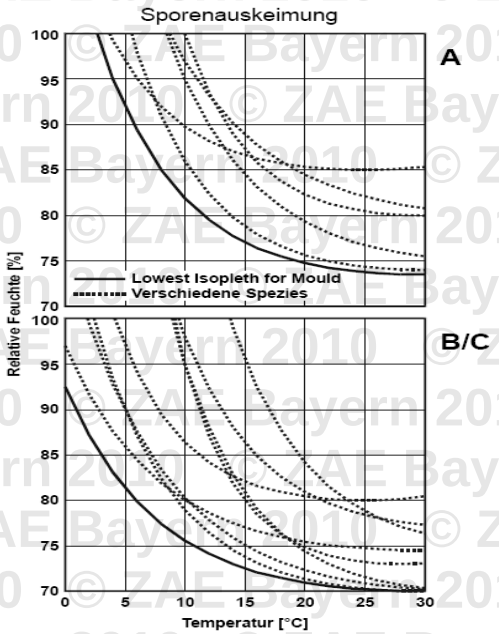
Quelle: IfB Sorge, Fraunhofer IBP

© ZAE Bayern

Berechnungsverfahren (instationär)

- Auswertung - Detailanalyse:
  - biohygrothermisches Modell WUFI®-Bio:
    - Beurteilung des Wachstumsrisikos von Schimmelpilzen;
  - Isopleten-Modell von Viitanen:
    - zur Beschreibung der Sporen-auskeimungszeiten auf Hölzern,
    - Einteilung in Gefährdungsklassen:
      - A Pilz oder Stoffwechselprodukte sind erheblich gesundheitsgefährdend,
      - B Pilz oder Stoffwechselprodukte sind bei längerer Exposition in Räumen gesundheitsgefährdend,
      - C Pilz ist nicht gesundheitsgefährdend.





Quelle: Sedlbauer, Gertis; Viitanen

© ZAE Bayern

Feuchteschutz bei VIP

- Glaser-Verfahren bei VIP nicht ausreichend:
  - Berücksichtigung von:
    - Temperatur,
    - Luftfeuchtigkeit;

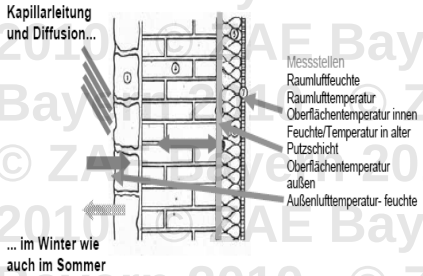
  - keine Berücksichtigung von:
    - externer Feuchteeinwirkungen (Niederschlag),
    - vorhandener Baufeuchte bzw. eingeschlossener Feuchte,
    - Zeitpunkt und klimatische Verhältnisse beim Einbau,
    - maßgeblichen Transportvorgängen im Bauteil.

detailliertere Berechnungsverfahren erforderlich!

© ZAE Bayern

Hygrothermische Untersuchungen

- bisherige rechnerische Untersuchungen:
  - Außenwand:
    - Innen- / Außendämmung im Vergleich,
    - VIP als Außendämmung:
      - Einfluss von Stoßstellen,
      - Einfluss der Belüftung;
    - VIP als Innendämmung:
      - Vergleich von Dämmstoffen,
      - Einfluss von Außenputzen,
  - Fußboden.
- messtechnische Untersuchungen:
  - Außenwand,
  - Fußboden,
  - Terrasse.



© ZAE Bayern

Hygrothermische Untersuchungen

- Meilensteine:

Außenwand

VIP als Innendämmung

Sedlbauer: einfache Wandkonstruktionen;

Korjenic: einfache Wandkonstruktionen, Innendämmungen im Vergleich, Einfluss von Außenputzen;

Feist: systematische Betrachtung.

VIP als Außendämmung

Sedlbauer: einfache Wandkonstruktionen;

Korjenic: einfache Wandkonstruktionen, Innendämmungen im Vergleich, Einfluss von Außenputzen;

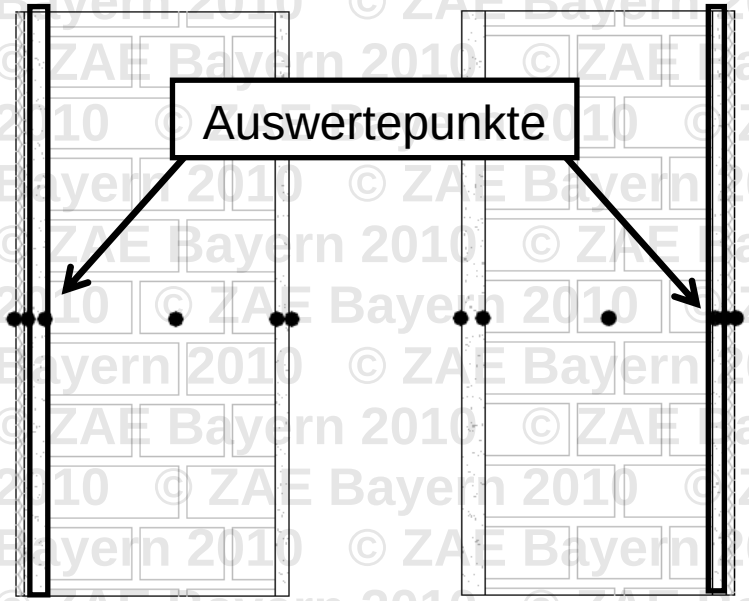
Tenpierik: Analytisches Modell für Sandwichkonstruktionen mit VIP;

Schlussfolgerungen für den Einsatz mit VIP

© ZAE Bayern

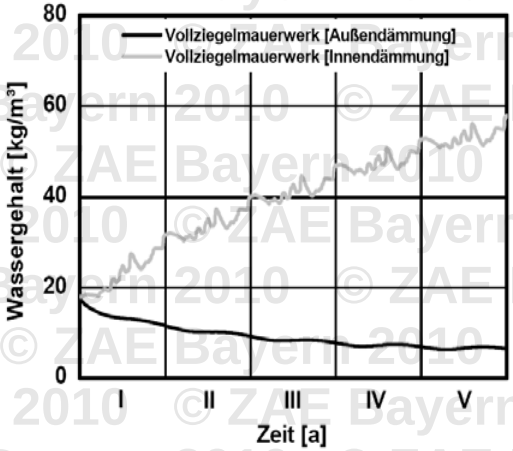
VIP als Außenwanddämmung

- VIP als Innen- und Außendämmung im Vergleich:



Variante 1: mit Außendämmung
außen:
Zementputz 5 mm
VIP – Dämmung 40 mm
Vollziegelmauerwerk
Gipsputz 15 mm

Variante 2: mit Innendämmung
außen:
Zementputz 5 mm
Vollziegelmauerwerk
VIP – Dämmung 40 mm
Gipsputz15 mm

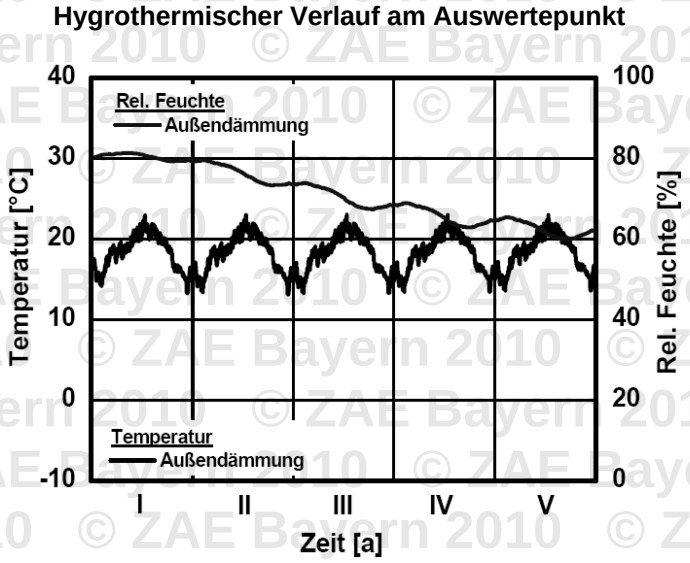


Quelle: Korjenic, Sedlbauer , ZAE Bayern

© ZAE Bayern

VIP als Außenwanddämmung

- Variante 1 - VIP außen:
  - geringfügige Austrocknung der Konstruktion,
  - kein zusätzlicher Feuchteeintrag von außen,
  - keine Feuchteakkumulation im Mauerwerk,
  - Temperaturschwankung im Mauerwerk folgt dem Innenklima.

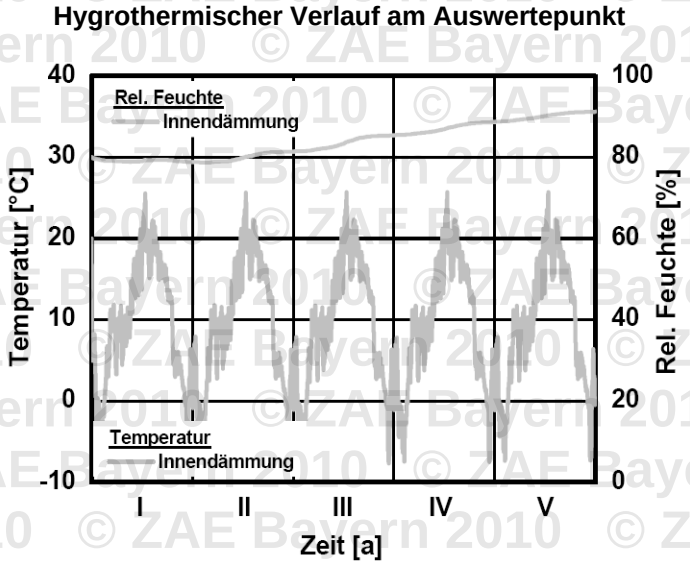


Quelle: Sedlbauer

© ZAE Bayern 2010

VIP als Außenwanddämmung

- Variante 2 - VIP innen:
  - Wassergehalt der Konstruktion:
    - keine Austrocknung der Konstruktion (insb. nach innen),
    - Feuchteeintrag von außen durch Schlagregen,
    - Feuchteakkumulation über einen großen Zeitraum,
    - Starker Feuchteanstieg zwischen VIP und Mauerwerk;
  - Temperaturniveau:
    - Temperatur im Mauerwerk folgt dem Außenklima,
    - Verringerung der Trocknung nach außen.

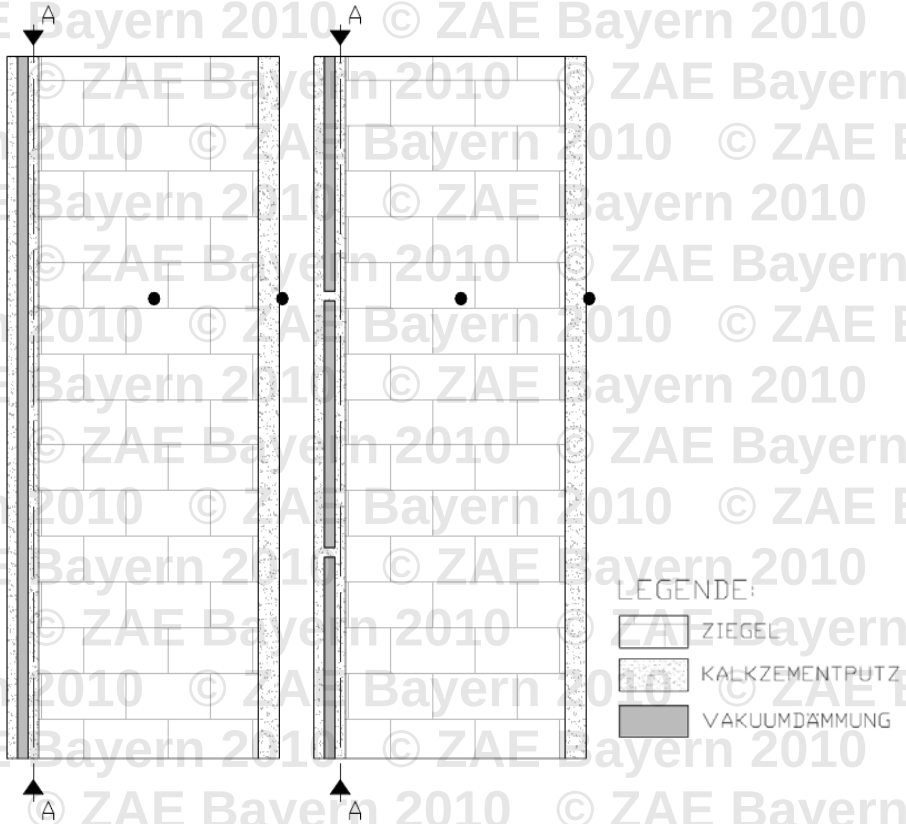


Quelle: Sedlbauer

© ZAE Bayern

VIP als Außendämmung

- Einfluss von Stoßfugen I:

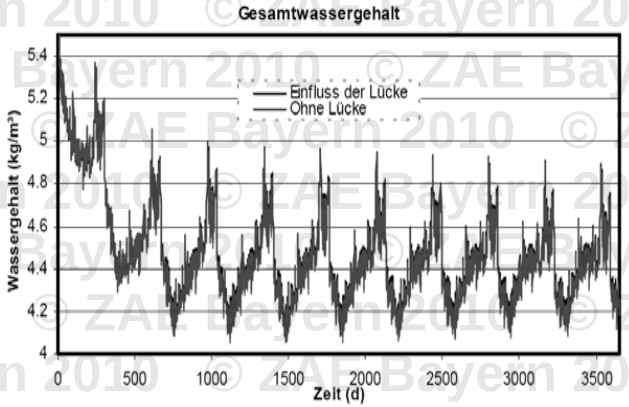


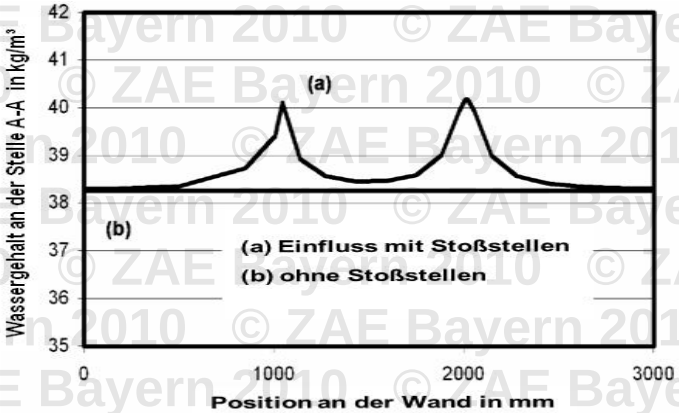
Quelle: Korjenic , VARIOTEC GmbH & Co. KG

© ZAE Bayern 2010

VIP als Außendämmung

- Einfluss von Stoßfugen II:
  - kaum Einfluss auf den Gesamtwassergehalt der Konstruktion,
  - Feuchteeintrag von außen in unmittelbarer Umgebung der Stoßstellen nachweisbar,
  - alle Stoßfugen der Paneele sind sorgfältig abzudichten!



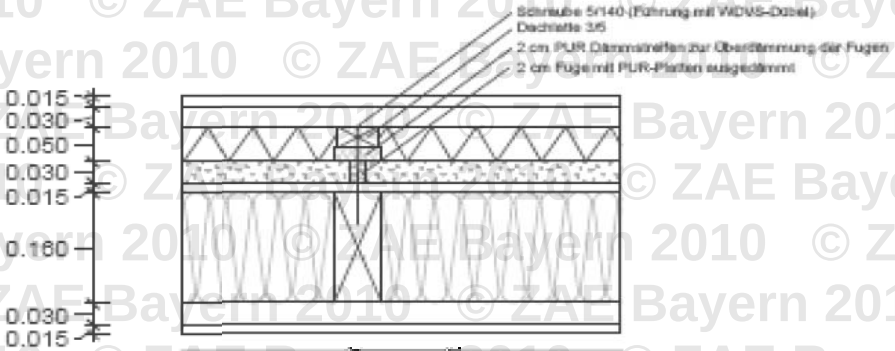


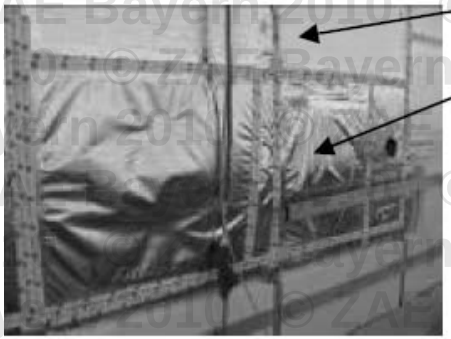
Quelle: Korjenic, Feist

© ZAE Bayern

VIP als Außendämmung

- Einfluss der Belüftung I:
  - Konstruktionsaufbau:
    - OSB, beschichtet,
    - Lattung,
    - EPS (50 mm),
    - VIP (30 mm),
    - OSB,
    - Holzriegelkonstruktion,
    - Lattung,
    - GKF, beschichtet.



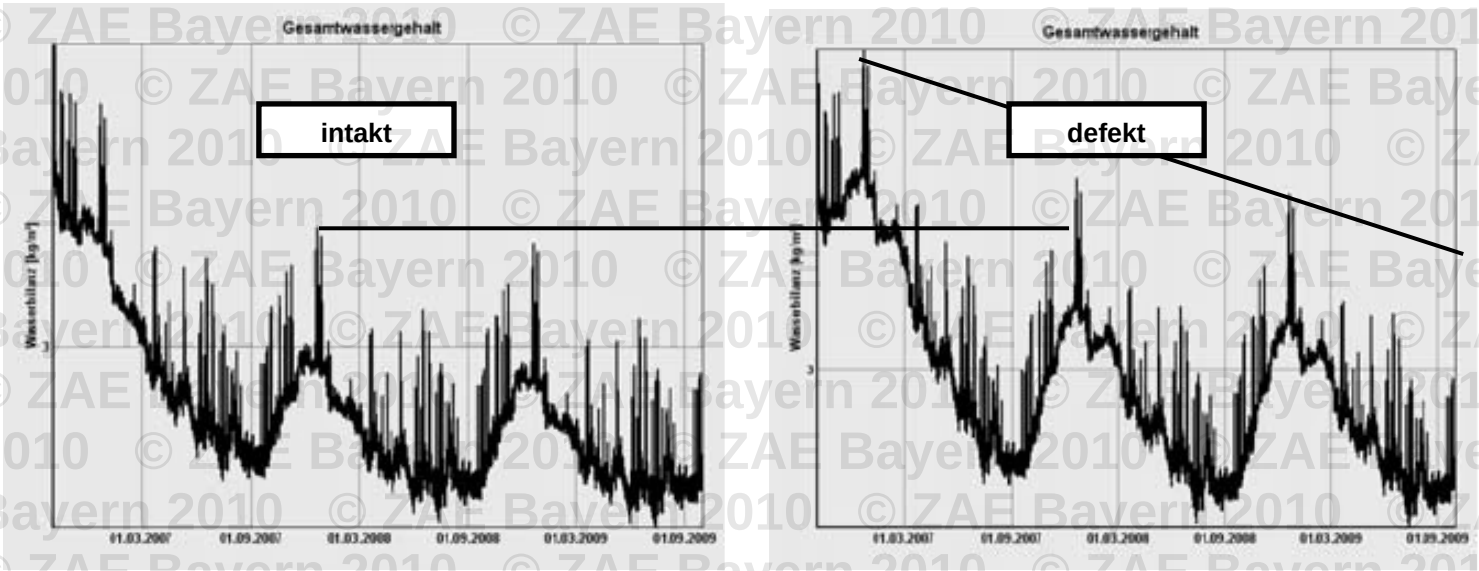


Quelle: Panic

© ZAE Bayern 2010

VIP als Außendämmung

- Einfluss der Belüftung II:
  - Gesamtwassergehalt der Konstruktion:



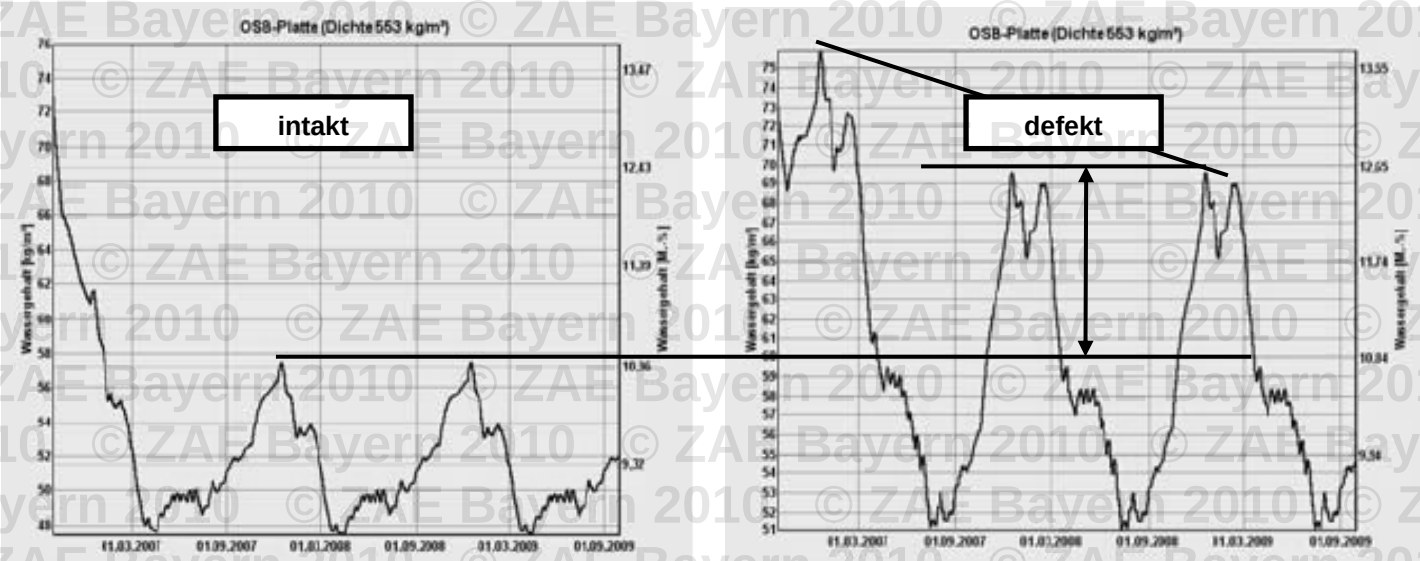
  - bei defekter VIP:
    - tendenzielle höhere Feuchtegehalte,
    - Rücktrocknung ausreichend.

Quelle: Panic

© ZAE Bayern 2010

VIP als Außendämmung

- Einfluss der Belüftung III:
  - Gesamtwassergehalt der OSB-Platte:



  - bei defekter VIP:
    - deutlich höhere Feuchtegehalte,
    - Rücktrocknung in den Sommermonaten möglich.

Quelle: Panic

© ZAE Bayern

Innendämmung - allgemein

- Grundregeln für die Sanierung:
  - Analyse der Bestandswand:
    - welches Baumaterial,
    - Feuchtegehalt / Feststellung möglicher Kapillareffekte (v. a. aus dem Untergrund),
    - Untersuchung der Wände auf evtl. Feuchtenester;
  - vor der Maßnahme ist eine Austrocknung der Wand unbedingt erforderlich,
  - Dämmung entweder kapillaraktiv oder zwingend diffusionssperrend,
  - Fugen und Bauteilanschlüsse sind dauerhaft diffusionsdicht auszuführen.

Quelle: Feist

© ZAE Bayern

Innendämmung - allgemein

- Maßnahmen innenseitig:
  - Unterbindung der Wasserdampfdiffusion mittels einer absolut dichten Dampfsperre bzgl.
    - aller Durchbrüche,
    - Anschlüsse,
    - Nischen,
    - Ecken,
    - Winkel;

Quelle: Riggert

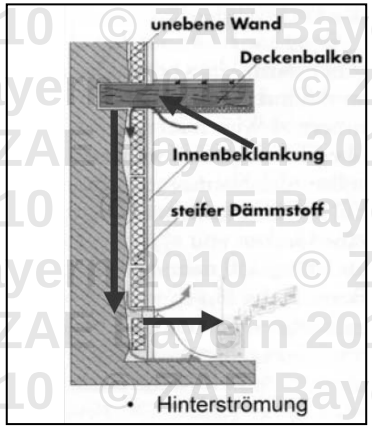
  - Vermeidung von Hohlräumen hinter der Dämmebene,
    - Kondensat, Schimmelpilz und weitere Risiken;
  - Sicherstellung der Feuchteabfuhr:
    mechanische Be- und Entlüftung ist Bestandteil einer Sanierung mit Innendämmung.

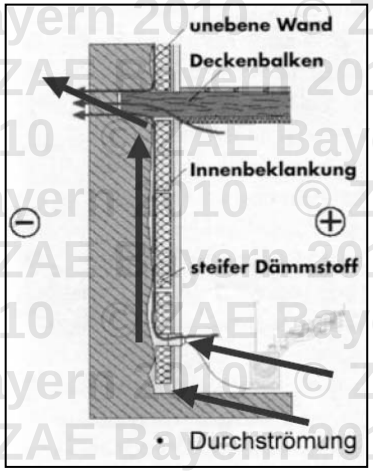
Quelle: Feist

© ZAE Bayern

Innendämmung - allgemein

- Luftdichtheit - Problemkonstruktionen:
  - Fachwerkwände:
    - Fugen an Übergängen,
    - fehlerfreie Konstruktion garantiert keine langfristig luftdichte Fachwerkkonstruktion;
  - Holzbalkendecken:
    - Einbindung in die Außenwand in unverputzten Fehlbodenbereichen,
    - Außenwandfläche, Auflager sowie rund um die Balkenköpfe;
  - Mauerwerk:
    - Fugen im Innenputz (Elektroinstallationen).





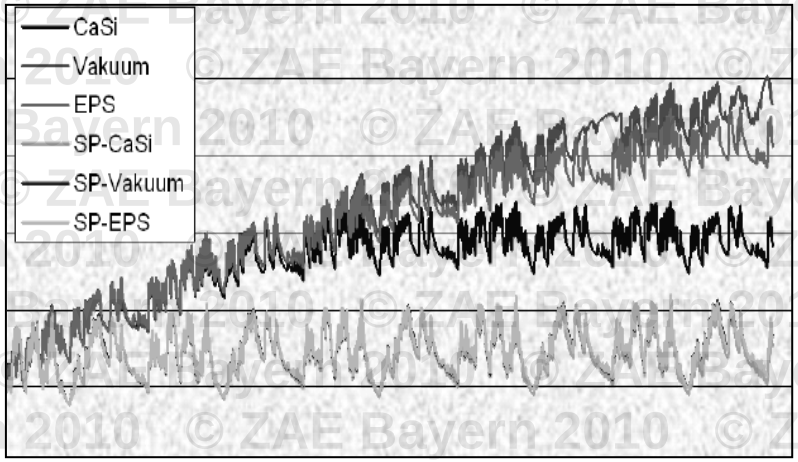
Quelle: Feist

© ZAE Bayern

VIP als Innendämmung

- Vergleich von Dämmstoffen:
  - Problematik von Innendämmungen:
    - Wärmebrücken,
    - Luftdichtheit,
    - Tauwasser,
    - Reduktion des Trocknungspotenzials;
  - VIP vergleichbar mit konventioneller WD,
  - Schlagregenschutz entscheidend.

Gesamtwassergehalt der Außenkonstruktion



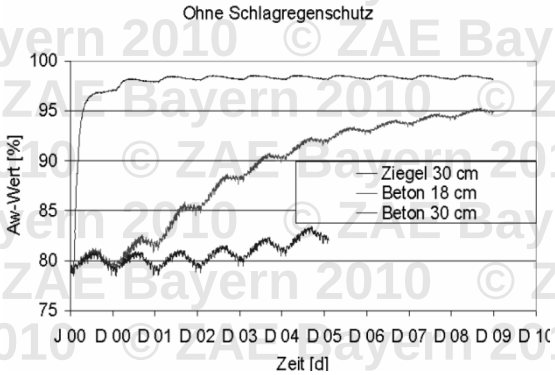
SP = Sanierputz; hier : hydrophobierter Außenputz

Quelle: Korjenic

© ZAE Bayern 2010

VIP als Innendämmung

- Putze und Beschichtungen:
  - Anforderungen gemäß DIN 4108-3 und DIN 18550-1:
    - Putze in Beanspruchungsgruppe II mindestens wasserhemmend,
    - Putze in Beanspruchungsgruppe III mindestens wasserabweisend;
  - schlagregenbelastete Regionen:
    - Austrocknung des Mauerwerks nach außen muss sichergestellt sein,
    - wasserabweisender aber diffusions-offener Außenputz notwendig,
    - konstruktiver Feuchteschutz (z. B. horizontale Auskragungen).



Quelle: Becker, Feist

© ZAE Bayern

VIP als Innendämmung

- Verwendung:
  - Fachwerk:
    Vakuum-Innendämmung nicht zu empfehlen!
  - Sichtmauerwerk:
    Hydrophobierung im Allgemeinen erforderlich! Berücksichtigung der dazu erforderlichen Rahmenbedingungen!
  - Zweischaliges Mauerwerk:
    In den meisten Fällen gut für eine Vakuum-Innendämmung geeignet!
  - Natursteinfassaden:
    Individuell sehr unterschiedliche Ergebnisse, Fachgutachten erforderlich!
  - Putze und Beschichtungen
    Auftrag von wasserabweisender hydrophober aber diffusionsoffener Außenputze in regenbelasteten Regionen notwendig!

Quelle: Feist

© ZAE Bayern

VIP als Innendämmung

- Einsatzmöglichkeiten:

Bauteil	*Empfehlung*	*Anmerkungen*
Außenwandkonstruktionen		
Freigelegtes Fachwerk	nicht empfohlen	
Fachwerk, verputzt	nicht empfohlen	ggf. bei günstigen Rahmenbedingungen Einsatz möglich, durch Gutachten überprüfen
Fachwerk, verkleidet mit Hinterlüftung	bedingt empfohlen	ggf. bei stimmigen Rahmenbedingungen Einsatz möglich, durch Gutachten überprüfen
Vollziegelmauerwerk	bedingt empfohlen	Schlagregenschutz ggf. durch Gutachten überprüfen
- mit Vormauerziegeln	bedingt empfohlen	
Zweischaliges Mauerwerk	empfohlen	
Natursteinfassade	empfohlen	Schlagregenschutz ggf. durch Gutachten überprüfen
Verputztes Mauerwerk	empfohlen	
Dachkonstruktionen		
Schrägdach mit Dachziegeln	empfohlen	Dachabdichtung prüfen, evtl. Vordeckung erneuern
Flachdach	empfohlen	Dachabdichtung prüfen

Quelle: Feist

© ZAE Bayern

VIP als Innendämmung

- Einsatzmöglichkeiten:

Bauteil	*Empfehlung*	*Anmerkungen*
Kellerdecken		
Holzbalkendecke	bedingt empfohlen	Luft- und dampfdichte Anschlüsse an Holzbalken prüfen, evtl. Holzfugen – und risse dauerhaft verschließen planebene Unterlage erstellen, evtl. Balkenausgleich durch Beibalken
Trägerdecke	empfohlen	Planebenen Ausgleich als Montagegrundlage herstellen
Stahlbetondecke	empfohlen	
Bodenplatten		
(Stahl)-Betonbodenplatte	empfohlen	Feuchtigkeitsabdichtung prüfen; Planebene Unterlage herstellen, evtl. Vliesunterlage als Ausgleich der Schweißbahnstöße; Dampfsperre mit Dichtanschluß an alle aufgehenden und begrenzenden Bauteile einbauen; Randdämmstreifen einbauen.

Quelle: Feist

© ZAE Bayern 2010

EnOB Forschung für Energieoptimiertes Bauen

ViBau

VIP-BAU.DE Vakuum-Isolations-Paneele am Bau

ZAE BAYERN

Vakuumdämmung im Bauwesen

Bauphysik

Teil 2/4: Feuchteschutz

Fragen?

Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

© ZAE Bayern