

Historische Holz-Lehm Mischbauweise in Norwegen. Dampfdiffusionsoffene Oberflächen – Herausforderungen bei der Instandsetzung

Wetterschutz und Wärmeschutz sind wesentliche Herausforderungen bei der Instandsetzung von historischen Holz-Lehm Konstruktionen im nordischen Küstenklima. Wasserdampf-diffusionsdichte Oberflächen und Wärmedämmung in historischen Holz-Lehm Bauten bereiten seit den frühen 1970-Jahren mehr und mehr bauphysikalische Probleme in Norwegen. Ein gestörter Wasserkreislauf und fehlerhafte Ventilation haben zu Schimmelbildung und Holzfäule geführt. Gesunde Gebäude wurden zu kranken: das Sick Building Syndrome (SBS) breitete sich im feuchten Küstenklima Norwegens aus. Der norwegische Passivhaus Standard birgt die Gefahr einer aktuellen Steigerung dieses Risikos.

Lehm reguliert die Feuchte im Holz unter der Bedingung das Wasser den Aggregatzustand bei Zeiten wechseln kann. Die Instandsetzung des historischen Wohnhauses Smedbakken 5 in Trondheim, erbaut im Jahre 1846, zeigt in der Schadensanalyse wie es bei der Modernisierung zum fast völligen bauphysikalischen Versagen kommen kann. Die „Medizin“: Wiederherstellung aller originalen dampfdiffusionsoffenen Oberflächen um die Speicherung der Energie im Wasserkreislauf und die Regulierung der gesunden Raumfeuchte zu ermöglichen.

Lehmoberflächen, Lehmfüllungen und Lehmmörtel in norwegischen Holzkonstruktionen erweisen sich als Wärmespeicher und Feuchtestabilisator in jahrhundertelanger nordischer Tradition. Deren optimale Funktion ist abhängig von der Art der Heizquelle, der Anordnung des Bauwerks in Bezug auf das lokale Klima, der Sonne und den Wärmestrahlungseigenschaften der Bauteile.

Diese praktischen Bedingungen und grundlegenden bauphysikalischen Prinzipien haben ihre Wurzeln in Vitruvs Werk und seiner jahrtausendelangen Erfah-

rung der vernakulären klima-angepassten Architektur. Traditionelle passive Kühlung und Erwärmung, natürliche Ventilation zeugen von genauer Kenntnis einer praktischen Bauphysik ohne abstrakte Berechnung. Wasser in seinen kontinuierlich wechselnden Aggregatzuständen als natürlicher Regulator spielt eine zentrale Rolle in der Thermodynamik unseres historischen baulichen Kulturerbes. In der Zukunft muss bei Modernisierungen historischer Holz-Lehm-bauten der bauphysikalischen Untersuchung des natürlichen Wasserkreislaufes mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Gebäude in der Neuzeit sind zunehmend auf technische Verbesserungen wie feuchte Sperrschichten, Lüftungstechnik, nicht dampfdurchlässige Beschichtungen und Wärmepumpen angewiesen, um ihr inneres Klima zu regulieren. Diese technischen Lösungen werden verwendet, um den Wärme- und Energieverlust beim Kühlen und Lüften des Gebäudes zu reduzieren, ohne jedoch das Risiko schwerwiegender Fehlfunktionen der Gebäudephysik zu bergen. Durch diese technischen Veränderungen funktioniert das physikalische System des Gehäuses wie eine Maschine anstelle eines atmenden Organismus, der den Prinzipien der Baubiologie unterliegt. Dieses Papier beschreibt die Energieübertragung in allen Gebäuden, die durch die Wärmestrahlung der Sonne in unserer Atmosphäre verursacht wird, unter Berücksichtigung der Prinzipien der Hydrometeorologie. Darüber hinaus befasst sich das Papier mit der Rolle von Grundgesetzen und Naturprinzipien bei der Beschreibung der Bauphysik. Darüber hinaus werden die Bedingungen beschrieben, die für eine konstruktive energetische Wechselwirkung zwischen der Wärmeübertragung durch Wärmestrahlung und dem Wasseraggregatzustand in Gehäusen erforderlich sind. Das Papier behauptet, dass diese natürlichen Prozesse für das innere Klima von Gebäuden vorteilhaft sind. Ich be-

haupte auch, dass sie den Bedarf an mechanischer Kühlung und Belüftung verringern und den Energieverbrauch und die Kosten senken. Die Eigenschaften von Konstruktionen und chemischen Strukturen, die es diesen natürlichen Energiekreisläufen ermöglichen, in Gebäuden ordnungsgemäß zu funktionieren, werden vorgestellt und diskutiert. Zusammenfassend beschreibt das Papier, wie traditionelle irdene Konstruktionen mit dampfdurchlässigen Oberflächen auf einzigartige Weise als Wasserbindungen an Tonmineralien wirken und so das natürliche Wärmestrahlungsverhalten und den Wechselzyklus von Wasseraggregaten unterstützen.

Einführung

Bei der Instandsetzung von historischen Holz- Lehm Konstruktionen ist das Risiko von „negativem Wasser“ nicht zu unterschätzen, besonders wenn thermische Verbesserungen durchgeführt werden. „Negatives Wasser“ ist bei allen Gebäuden die fehlerhafte Ansammlung von Wasser in jedem Aggregatzustand am falschen Ort, zum falschen Zeitpunkt. Eindringendes Wasser durch mangelnde oder fehlerhafte Abdichtungen, kapillar-brechende Schichten im Fundament, besonders für Lehmbauten. In jedem Fall ist es immer ein zu viel oder zu wenig an Raumfeuchte, welche

energetisch falsch wirkt und die Gesundheit belastet. Eine sich nach Möglichkeit weitgehend selbst regulierende ausgewogene Luftfeuchte ist als positives energetisches Wasser anzunehmen.

„Positives Wasser“ kann das Energiepotential genannt werden, was sich frei und natürlich in einem temperierten oder nicht temperierten Raumkörper bewegt, und welches den Energietransfer in der konstruktiven thermodynamischen Phase positiv beeinflusst: Kühlen im Sommer am Tag und Wärmen im Winter/in der Nacht. Lehm als Teil einer Baukonstruktion funktioniert thermodynamisch zu jeder Zeit mit dem Aggregatzustand Wechsel von Wasser in jeder Klimazone.

Die bautechnische und bauphysikalische Kontrolle ist deshalb die höchste Verantwortung jedes Ingenieurs, Bauenden. Die Bauphysik muss sich immer den gegebenen klimatischen Umständen anpassen, und gerade jetzt den klimatischen Änderungen: immer schneller, stärker und rascher wechselnden thermische und meteorologische Ausgleichsprozesse in der Atmosphäre.

Das Klima in Norwegen ist ausgesprochen extrem und wechselhaft, besonders im Norden und an der

01 Die Fassade des Wohnhauses Smedbakken 5 in Trondheim von 1846: ca. 40 Jahre alte dampfdiffusionsdichte Anstriche und sichtbare bauphysikalische äußere Schäden durch eine gestörte Mikro-Meteorologie: Frostsprengungen, Risse und Abblättern des Anstrichs (Quelle: Adresseavisen)





02 Enorme konstruktive Schäden an allen geometrischen Umhüllungen des 175 Jahre alten Wohnhauses im Smedbakken 5 ca. 40 Jahre nach der mikro-meteorologischen Umkehrung der Dampfdurchlässigkeit und des T- Punktes. (Quelle: Autor)

Küste. Traditionelle vernakuläre Architektur hat sich über Tausende von Jahren diesen Bedingungen angepasst. Dauerhafte Oberflächenbehandlungen sind deshalb ein wichtiges historisches bautechnisches Thema. Die notwendige Wasserdampfdurchlässigkeit ist in traditioneller vernakulärer nordischer Architektur durch natürliche Materialien: Leinöl, Teeröl, Lebertran-Öl, Leim-Öl Emulsionen gegeben. In den 1960-Jahren kamen dann immer mehr wasserdampfdiffusionsdichte Materialien zum Einsatz, meistens Karbon basierte Lösungen.

Bauphysikalische Probleme wie das in den 1970er Jahren aufgekommene Sick Building Syndrom (SBS) zeigen sich seitdem mehr und mehr. Die Wetterfassade des Wohnhauses im Smedbakken 5 wurde mindestens zweimal mit einer solchen dampfdiffusionsdichten Lösung „wetterfest verklebt“. Die Folgen des eingeschränkten, gestörten Wasser Aggregatzustandswechsels beim Übergang von flüssig/gasförmig in fest bei Frost waren unabänderlich: der natürliche Wasserkreislauf war außer Kontrolle. Holz in der Baukörperumhüllung zieht die Feuchtigkeit an oder kapillar ein. Unnatürlich hohe Kondensation wird an den kältesten Raumgrenzen warm-kalt zu einer konstruktionsschädigenden Belastung.

Die moderne Bauphysik und die Raumklima „Medizin“

Umfangreiche moderne technische Lösungen zur Regulierung des künstlich kontrollierten Raumklimas findet sich zum Beispiel im „Handbook of Air Conditioning and Refrigeration“ von Wang (2ed, 2000). Alle Lösungen versuchen die Mikrometeorologie von allen Gebäudetypen zu steuern, auch das Wohnhaus im Smedbakken 5. Das „negative Wasser“ durch mangelnde Zirkulation, als Teil des SBS-Syndrom, wird in der Einleitung als bauphysikalisches Problem erwähnt:

„Das Sick Building Syndrome (SBS) erfuhr seit den 1970er Jahren in der Öffentlichkeit Beachtung, nachdem die Gebäude im Zuge der Energiekrise dichter wurden und die Frischluftwechselrate verringert wurde.“ (Wang, 2000)

Die in diesem Fachbuch angebotene Strategie (wie jedes Bauphysik Fachbuch seit dieser Zeit) lautet wie folgt: künstliche und unabhängige mechanische Raumluftqualität und Heiz-/Kühlsysteme. Wasser wird in all seinen Aggregatzuständen und Wechseln als die größte Bedrohung angesehen: *„Schlüsselfaktor hierbei ist das Wasser [...] Das Ergebnis ist ein (wasserdampf)dichtes Gebäude, welches durch*

Dichtungsmaterialien, Dampfbremsen, Schimmel und mikrobiologisches Wachstum gekennzeichnet ist. (Wang, 2000)

Die modernen mechanischen Systeme ahmen natürliche meteorologische Austauschprozesse nach, die auf Änderungen des Wasseraggregatzustands in Bezug auf einen bestimmten Luftdruck beruhen. Künstliche mechanische Wasserdampfzirkulationssysteme müssen jedoch kontinuierlich gewartet werden, und ihre Lebensdauer unterliegt verschiedenen Einschränkungen und der Tatsache, dass Wasser und Metall nicht gut zusammenarbeiten (Oxidation).

Vernakuläre natürliche Lüftungs- und Kühlungs-/Erwärmungssysteme halten der Zersetzung durch Sonneneinstrahlung, Wetter- oder Klimazykluseinflüsse stand, da sie meteorologische Zyklen im Baukörper und in Wechselwirkung mit ihrer Umgebung ermöglichen. Sobald nicht dampfdurchlässige Beschichtungen beteiligt waren, änderte sich die Bauphysik dramatisch: „atmende Bau-Organismen“ wurden „krank“. Die Symptome waren zu trockene oder zu hohe Luftfeuchtigkeit (Verdunstungs- und Kondensationsstörung), Schimmelpilzbefall, extreme Temperaturänderungen, „starke Turbulenz“ als gestörte Luftzirkulation in Form von Belüftungsproblemen. Mit der Einführung baukonstruktiver Maßnahmen zum modernen Wärmeschutz sind es „die Schäden infolge der Unkenntnis bauphysikalischer Vorgänge und als Folge Schäden durch unzuverlässiges Heizen und Lüften.“

„Diffusionsoffene Anstriche ermöglichen die Verdunstung eingedrungener Feuchtigkeit. Dabei ist grundsätzlich zu beachten, dass die Außenseite des Bauteiles (z.B. Fenster) diffusionsoffener als die Innenseite des Bauteiles beschichtet wird. Wird dies nicht beachtet, kommt es zur Feuchteanreicherung im Holzquerschnitt.“

(Quelle: Bausanierung: Erkennen und Beheben von Bauschäden, Michael Stahr; 6. Ausgabe 1999/2015)

Das auf „Wärmedurchlasswiderstand“ (R-)Werten basierende Steuern des Wärme-Feuchte Haushaltes wurde zu einem universellen Konstruktionsschlüssel für die Übertragung von Wärmeenergie, der völlig „unabhängig“ vom lokalen Klima und allen meteorologischen Aktivitäten agiert. Das Fallbeispiel der Instandsetzung des Hauses im Smedbakken 5 soll zeigen welche unterschiedlichen Ansätze Natur, vernakuläre Architektur und moderne (Wohn-)Ma-

schinen-Architektur (ein Terminus den Le Corbusier 1923 schuf) verfolgen, damit die Mikro-meteorologie funktioniert.

In der Wissenschaft wird der Begriff Meteorologie verwendet, um verschiedene physikalische Prozesse in unserer Atmosphäre zu beschreiben, und umfasst normalerweise die Wechselwirkung von Verdampfung, Sublimation und Niederschlag. Wasser spielt bei all diesen aggregierten Veränderungsprozessen eine wichtige Rolle. Der Phasenwechsel von Wasser durch Sublimation und Ablagerung erfolgt in seinen physikalischen und chemischen Prozessen im Mikromaßstab in jedem gasgefüllten Raumkörper und als Wechselwirkung mit der Umwelt in allen Situationen mit unterschiedlichen Temperaturen, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck. Technisch gesehen manifestiert sich die latente Verdampfungs- oder Kondensationsenergie in jedem Teil eines Baukörpers in ihrer situativen Leistung in Bezug auf die Wärmeübertragungs- und Speichereigenschaften der verwendeten Materialien. Somit regelt die Natur die Wärmeübertragung der Wärmestrahlung sowohl hinsichtlich der Abkühlung als auch der Erwärmung durch Mechanismen, die auf der Energieübertragung durch Absorption, Emission, Reflexion, Transluzenz und Änderung des Zustands des Wasseraggregatzustands beruhen. In der modernen Bauphysik werden jedoch abstrakte und kalkulierte technische und mechanische Manipulationen verwendet, um diese Prozesse zu steuern, während fast alle vernakulären Architekturen seit Tausenden von Jahren versuchten, natürliche Erwärmungs-, Kühlungs- und Lüftungsprozesse nachzuahmen. Eine einfache Beschreibung dieser natürlichen Wechselwirkung findet sich in Wangs Arbeit:

„Bekanntlich beeinflusst die Temperatur den Feuchtigkeitsgehalt vieler Baustoffe. Wenn ein Baustoff die Feuchtigkeit aufnimmt entwickelt sich Sorptionswärme. Wenn Wasserdampf aufgenommen wird, wird die freigegebene Wärme [...] (zusätzlich) eingebracht, wobei ein Faktor die latente Kondensations-Wärme ist, ausgedrückt in der Maßeinheit kJ/kg. Sorptionswärme von flüssigem Wasser (als Faktor) variiert mit dem Ausgleichsfeuchtegehalt für ein bestimmtes Material.“ (Wang, 2000)

So stellt Wang fest:

„Zu einem bestimmten Zeitpunkt muss die Feuchtigkeit, die von allen Teilen der Gebäudehülle in

deren Oberfläche eindringt, durch konvektiven Feuchtetransport von der Gebäudeoberfläche in die angrenzende Luft ausgeglichen werden ebenso wie der Wechsel im Feuchtegehalt und die betreffende Massekonzentration auf der Oberfläche der Gebäudehülle.“ (Wang, 2000).

Jede Art von Kamin in einem traditionellen Haus verursacht diesen Luftdruck-Feuchtigkeitsübertragungseffekt. Je mehr das Heizen und Kühlen eines bestimmten Raumbereichs Konvektion zulässt, desto mehr konkurrieren niedrige und hohe Luftdrucke miteinander. Kältere Oberflächen in Raumbereichen in Kombination mit wärmerer feuchter Luft verursachen immer natürliche Kondensation. Der Effekt ist eine bekannte Herausforderung in Bezug auf die Konstruktionsphysik. Es wird von Ingenieuren befürchtet und als „Kälte-“ oder Wärmebrücke bezeichnet.

Ein Produzent der auf mikro-meteorologische Probleme stößt, Versaperm permeability Meter, beschreibt das Problem:

„Die Baustoff- und die Bauindustrie halten sehr stark an der Wasserdampfsperre fest, um die strenge Einhaltung der Wasser und Luftdichtigkeit der modernen Baupraxis zu erfüllen. Doch nicht nur können Barrieren wie Anstriche, Beschichtungen und Membranen bei unterschiedlichen Wetter- oder Konstruktionsbedingungen sehr unterschiedlich wirken, sondern auch die Ergebnisse in der realen Welt weit von den veröffentlichten theoretisch ermittelten Werten abweichen. Der Feuchtigkeitseinfluss kann beides beeinträchtigen, die Baukonstruktion und die Gesundheit der Menschen die in ihr leben oder arbeiten. Daneben hat es einen beachtlichen Effekt auf die Wärmedämmung, denn wenn man es falsch anstellt, kann es zu Schimmel, Verrottung und Verfall führen, die wiederum ein steigendes Asthma-Risiko und andere Gesundheitsbedingungen bewirken.“

(Quelle auf Englisch: <http://www.versaperm.com/applications/paint.php>)

Die Bauphysik verwendet im deutschsprachigen Raum dann die Begriffe „Kasernenklima“ oder „Plastiktütenklima“. Die natürliche Meteorologie wird in modernen Maschinen-Baukörpern gestört und manipuliert, welches zu schweren „Krankheits“-symptomen führen kann: dem SBS-Syndrom und möglicherweise negativen Auswirkungen auf unser Klima durch gestörte Wärmeübertragung durch Wärmestrahlung:

„Die urbane Hitzeinsel ist zum Teil bedingt durch eine Veränderung des Albedo-Effekts. Der Beton, die Gebäude und das Metall haben einen niedrigeren Albedo-Wert als städtische Gebiete mit Bäumen und Vegetation. Auch die Verdampfungs- bzw. Verdunstungskühlung ist bei Beton, Gebäuden oder Metall geringer. [...] In der Atmosphäre gibt es Bereiche mit Über- und mit Unterdruck. Überdruckregionen sind durch Hochdruck gekennzeichnet und jene mit Unterdruck durch Tiefdruck. Um den Druck auszugleichen bewegt die Natur die Luft von den Hochdruckgebieten in die Tiefdruckgebiete.“ (Quelle: Jeff Haby: The weather prediction).

Mikrometeorologie in der Natur, der traditionellen Architektur und moderner Maschinen-Architektur

In der Encyclopedia of Vernacular Architecture, wir lesen im Kapitel Klima und seiner Interaktion mit der traditionellen Architektur, dass Architekten und Ingenieure seit der Antike Erfahrungen mit Klima in der nicht-traditionellen Architektur gemacht haben:

„Seit Vitruvius (c. 90-20 v.Chr.) haben prominente Architekturtheoretiker oft Klimaparameter in ihre Entwurfsentscheidungen einbezogen ohne jedoch umfassend zu sein. Das wurde schließlich immer angepasster seit die auf einem breiten Klimamodell basierenden Entwürfe bzw. die Gebäudekonstruktionen stark durch das Mikroklima beeinflusst werden. Zusammengefasst kann man sagen: Die Einbeziehung eines Klimafaktors bedarf der Festlegung eines Makro- oder Regionalklimas.“

Traditionelle Architektur in allen Kulturen hat seit tausenden von Jahren die makro-meteorologischen Prozesse in der Atmosphäre:

„Die Verdunstung von Wasser, speziell die über den Ozeanen, verursachen den Wasserkreislauf. Wasserdampftransport und Niederschlag wandeln Solarenergie um. Die Winde sind Hauptausgleichs- und -verteilungsmechanismen der globalen Unterschiede in der Solarstrahlung. Der westliche Jet-Stream in der höheren Atmosphäre ist am Boden nicht wahrnehmbar, wo normalerweise die warme Luft zu den Polen fließt und die kalte Luft zum Äquator. Die Bewegung dieser Luftmassen beeinflusst stark das lokale Klima.“ (P. Oliver 1997).

Vernakuläre Konstruktionen gleichen Temperatur und Luftdruck aus, indem sie sich strikt an die Geset-



03 Vernakuläre traditionelle Art der nordischen Lehm-Holz Konstruktion (Lehmmörtelschicht zwischen Kantholz in Holzrahmen mit „rapping“ (norwegische Art von Lehmputz auf Holzoberflächen), im Wohnhaus Smedbakken 5 aus dem Jahr 1845/46 in Trondheim, Norwegen (Quelle: Autor)

ze und Prinzipien der Natur halten. Diese menschliche kreative Handlung wird als „vernakuläre Antwort“ (vernacular response) bezeichnet (P. Oliver 1997).

Energietransport in der Atmosphäre: isobare, diabatische, adiabatische, isotherme und isochore Prozesse

In der Meteorologie werden Energieaustausch/-verteilungen im Wasser Aggregatzustand-wechsel Zyklus durch Verdunstung und Kondensation beschrieben. In unserem gasgefüllten thermodynamischen System sind latente Wärme und sensible/fühlbare Wärme als Teil des Elements Wasser in seinen bekannten drei angenommenen Zuständen gasförmig, fest und flüssig jederzeit beteiligt. Das Verhältnis von fühlbarer (F) und latenter Wärme (L) wird in der Meteorologie durch das Bowen Verhältnis ausgedrückt. Je gasgefüllter die Umgebung und je höher der Luftdruck, desto stärker dominieren diese Prozesse den thermodynamischen Transfer oder die Wechselwirkung. Die Änderung des Gesamtzustands ist der Moment der Verteilung der Wärmeenergie auf beide

Arten: Abkühlen und Erwärmen. Verdunstung, Sublimation und Kondensation sind die Prozesse, die den Energietransfer in der Natur auslösen. Latente Wärme ist als Schmelzen (Schmelzen) und Verdampfen (Kochen) beteiligt. Der Grad des Einflusses bei diesen Energieübertragungen basiert auf der ungewöhnlich hohen Menge an potentieller Energie im Wasser und seinem chemisch und physikalisch ungewöhnlichen Verhalten in Bezug auf Wärmestrahlung. Energieübertragungen werden durch kontinuierliche Wärmestrahlung der Sonne und deren passive Wechselwirkung in einer bestimmten Umgebung oder Situation verursacht. Daher wird die gesamte passive Wärmestrahlung jederzeit durch Änderungen des Luftdrucks, der relativen Luftfeuchtigkeit und des Niederschlags aller physikalischen Systeme innerhalb und außerhalb eines Gehäuses beeinflusst. Der Charakter des Gehäuses, seine halbkugelförmige Position, seine Fähigkeit, mit Wasser in seinem gesamten Wechselzyklus umzugehen, und das Verhalten der Sonne gegenüber Wärmestrahlung sind die Hauptfaktoren, die die tatsächliche Wärmeübertragung (als thermodynamischer Gleichgewichtsprozess) zwischen Objekten beschreiben und seiner Umgebung. Konvektionsprozesse haben aufgrund der natürlichen mikrometeorologischen Prozesse in jedem gasgefüllten Gehäuse mit physikalischem Austausch mit seiner Umgebung erhebliche Auswirkungen. Jedes Heiz- und Kühlsystem ist am effizientesten, wenn es das natürliche thermische Gleichgewicht so lange wie möglich in einer bestimmten thermodynamischen Umgebung oder einem bestimmten System beibehalten kann. Die Verteilung der aktiv emittierenden Wärmeenergie muss jederzeit so langsam wie möglich sein. Der passive strahlungsemitternde Raumkörper muss dasselbe tun und die energetische Ladung (als latente Wärme) so lange wie möglich halten. Je schneller sich jedes aktive System verteilt und je kleiner die reale Strahlungsfläche ist, desto stärker stört es den Wärmehaushalt: meteorologische Phänomene wie Diffusion, hohe Kondensation und Verdampfung am falschen Ort zur falschen Zeit, zum falschen Zeitpunkt und Turbulenz auftreten. Je leichter und weniger dampfdurchlässig ein Gehäuse wird, desto höher ist der Bedarf an Temperatur- und Feuchtigkeitsmanagement, beispielsweise durch Dampfsperren, Wärmepumpen und immer aufwendigere Lüftungssysteme. Dieser Zyklus der Wasseraggregatzustandsänderung erfolgt immer in allen Richtungen durch Phasenübergänge: Latente Schmelzwärme, latente Verdampfungs-/Kondensa-

tionswärme, Enthalpie/Sublimationswärme und sensible, fühlbare Wärme. Der Phasenübergang ist immer instationär. Energetische Veränderungen treten kontinuierlich in jedem Moment auf, basierend auf dem tatsächlichen Zusammenwirken in einem bestimmten Klima und seinem meteorologischen Zyklus. Dieser wird zu jeder Zeit von einer absoluten Strahlungsquelle bestimmt: der Sonne.

Künstliche Raumkörper haben zwei Hauptalternativen: natürliche Belüftung mit freiem Wasserdampftransport oder mechanisch gesteuerte Konvektion und Wasserdampfkontrolle. Welcher Automatisierungsgrad benötigt eine vernakuläre Holz- Lehm Konstruktion? Ist eine „Une maison est une machine à habiter“ (Le Corbusier 1923) mit der historischen Erfahrung des SBS Syndroms anzustreben?

Je mehr zugleich eine Oberfläche versiegelt wird auch der natürliche Energieaustausch durch „Transfer“, „Ladung“ und „Emission“, durch den Zyklus des Wasseraggregatzustandswechsel gesteuert werden, gestört und verringert. Die Energiemenge ist abhängig von der thermodynamischen Übertragung in Bezug auf die geometrische Konfiguration, den Wärmestrahlungsemissionswert des Materials (als flüssige, gasförmige und feste Materie), den Oberflächencharakter in Bezug auf Wasser in seinen Aggregatzustandsverhaltens und dem Luftdruck. Wie in der Makrometeorologie neigt das physikalische System dazu oder ist „gezwungen“, ein thermodynamisches Gleichgewicht aufrechtzuerhalten. Es versucht jederzeit, den Energietransfer durch adiabatische und diabatische Prozesse zu stabilisieren. Ein guter Indikator für einen künstlichen Raumkörper ist daher eine ausgewogene relative Luftfeuchtigkeit durch eine ungestörte natürliche Wasserdampfübertragung. Jedes konvektive Heiz- oder Kühlsystem erhöht zudem die destruktive Diffusion. Der Luftstrom folgt adiabatischen und diabatischen Prozessen: Je höher der Druck und die Luftfeuchtigkeit steigt, desto mehr sucht die feuchte Luft nach einem Gleichgewicht. Die Gesamtenergiemenge, die benötigt wird, um diese Ausgleichsprozesse auszugleichen, wird nicht als „Wärmeverlust“ ausgedrückt, sondern in der Zusammenarbeit zwischen natürlicher Mikrometeorologie und der Wechselwirkung zwischen aktiven und passiven Wärmestrahlern. Aufgrund der instationären mikro- und makrometeorologischen Bedingungen unterscheidet sich die Gesamtmenge jederzeit, abhängig von der Position, dem thermophysikalischen

Charakter des Objekts und den Wetterbedingungen/der von der Sonne eingegebenen Wärmestrahlung. Eine Art konstanter Faktor ist die potenzielle thermische Masse des Gebäudes, das heißt die Kapazität der latenten Wärmespeicherung durch die natürlichen und künstlichen Energieübertragungszyklen die über einen bestimmten Zeitraum auftreten. Die Feuchteübertragung hängt von der geografischen Position und der Fähigkeit des Raumkörpers ab. Die Übertragung zum Ausgleich des Natürlichen zu verwenden Temperaturzyklus. Je dampfdurchlässiger und schwerer ein geometrisches Objekt mit niedrigem Wärmestrahlungsemissionswert ist, desto besser funktioniert nach der Mikro- Meteorologie das energetische Gleichgewicht. Die Ventilation spielt aufgrund des natürlichen Transports von Sättigungsdampf eine wichtige Rolle. Einem physikalischen System, welches extrem flexibel auf Wasserdampfdruck und steigende und fallende Temperaturen reagieren kann. Erfahrungsgemäß bewältigen Lehm und Holzfasern mit dampfdiffusionsoffenen Oberflächen diese extremen diabatischen und adiabatischen Prozesse. Bereits in der Antike wurden diese natürlichen bauphysikalischen Anweisungen in „De decem libri de Architectura“ von Vitruvius angeboten. Dieses grundlegende Wissen über den mikro-meteorologischen Transfer von Wärmeenergie ist in allen vernakulären Architekturen der Welt dokumentiert. Lehm, eines der ältesten von der Natur „produzierten“ Baumaterialien mit eigener Wärmestrahlungsverhaltens-„DNA“, hoher Wärmekapazität (thermischer Masse) und der Fähigkeit zum positiv energetischen Wechselzyklus von Aggregatzuständen von Wasser in Zusammenarbeit mit der thermodynamischen Interaktion mit der Sonne in jeder Klimazone, hat dies historisch bewiesen.

Abschließende Betrachtungen

Thermodynamische Prozesse in realen Situationen in der Natur und in allen Baukörpern, vernakuläre wie hochtechnisierte, müssen bei einer Instandsetzung wie zum Beispiel am historischen Wohnhaus Smedbakken 5 und seiner historischen Lehm-Holz Konstruktion müssen streng eingehalten werden. Es ist im Besonderen der Gleichgewichtszyklus durch Änderung des Aggregatzustandes von Wasser, der durch alle Arten von Wärmeübertragung durch aktive und passiver Wärmestrahlung ausgelöst wird. Wie Smedbakken 5 zeigt sind dampfdiffusionsdichte Beschichtungen auf Lehm- Holzkonstruktionen in diesem Zusammenhang sehr kritisch zu sehen. Die eigene physikalische Realität der Natur unseren

mathematischen Beschreibungen und vorgestellten wissenschaftlichen Modellen zuträglich zu machen, verfängt sich in der scheinbaren Verbesserung einer funktionierenden historischen traditionellen Baukonstruktion. Traditionelle Architektur ist praktisches Wissen „von Hand“, das die thermodynamischen Prinzipien der Natur (der *vernacular response*, P. Oliver) ohne abstrakte Berechnungen durch unseren Verstand praktisch anwendet und so seine Funktion beweist. Alle Lehm- und Holzkonstruktionen in der traditionellen Architektur in jeder Klimazone reagieren durch Mikrometeorologie, der durch strahlungsthermische Wärmeübertragung in allen Gebäuden verursacht wird, dem Naturprinzip folgend, bestimmten geometrischen räumlichen Proportionen und deren Wärmestrahlungsverhaltens. Die reale geometrische strahlungsthermisch arbeitende Oberfläche im Wechselzyklus des Aggregatzustandes von Wasser regelt jederzeit den gesamten Energieübertragungsprozess. Das Verhalten von Wasser in seinen Aggregatzuständen und Wärmestrahlung in unserer Atmosphäre und ihre Wechselwirkung mit allen Arten von künstlichen Raumkörpern, von der vernakulären Architektur bis zur hochtechnologischen *machine à habiter*, erfordert mehr Aufmerksamkeit bei zukünftiger Forschung, Messungen und nicht zuletzt bei der praktischen Instandsetzung.

Literatur

- Haby, Jeff: *The weather prediction*. [https://theweatherprediction.com/\(Mai, 2017\)](https://theweatherprediction.com/(Mai, 2017))
- Hall, M.; Allinson, D., *Hygrothermal analysis of a stabilised rammed earth test building in the UK*; (2010)
- Haupts, Hauke: *Thermal radiation and earthen buildings; New research on the thermal radiation emission value of earth as a building material*; Terra 2012 Conference, Lima, Peru
- Haupts, Hauke: *Earthen constructions do not insulate*. Proceedings Earth USA, Santa Fe, 2017
- Le Corbusier; *Vers une architecture, Towards a new architecture*, 1923; London: J. Rodker, 1931
- Osilla, Eva V., Sharma, Sandeep: *Physiology, Temperature Regulation*; 2018
- Moevus, Mariette; Anger, Romain; Fontaine, Laetitia, *Hygro-thermo-mechanical properties of earthen materials for construction: a literature review* (Terra 2012)
- Oliver, Paul: *The encyclopedia of vernacular architecture*; 3 volumes, Oxford 1997
- Ritter Michael E.: *The Physical Environment. An introduction to physical geography*, © 2003-2019 onlinemedia
- Siegel, Robert; Howell, John R (2002). *Thermal Radiation Heat Transfer* – 4. Ausgabe. New York: Taylor & Francis
- Stahr, Michael: *Bausanierung: Erkennen und Beheben von Bauschäden*, 6. Ausgabe, 1999/2015
- Vitruvius, Marcus Pollio; *De architectura; The ten books on architecture*; English translation, online library
- Wang, Chan K.: *Handbook of Air-Conditioning and Refrigeration*. 2nd Edition, McGraw-Hill Education; (7 November 2000)
- Versaperm, 2018: <http://www.versaperm.com/applications/paint.php>

Kontaktangaben

E-Mail: haupts27@msn.com