

Weil falsche Energie-Gesetze und mangelhafte Forschung seit Jahrzehnten zu einer Verlüderung des Bauens führten und die Architekten und Ingenieure bei diesem Schwindel mitmachten, dachte ich, dass es Zeit sei, wieder einmal darauf hinzuweisen, an was ein Bauplaner denken sollte, wenn er auf dem Plan zwei Striche gezogen hat und glaubt, dass das dann eine Fassadenwand im Grundriss darstellen würde.

Paul Bossert, 25. August 2016

Dipl. Bauingenieur FH, Architekt, Bauphysiker, Energie- und Bauschadenexperte

Über die 25 Anforderungen einer Aussenwand (Fassade)

Ein Planer, sei er Architekt oder Ingenieur, sollte (muss) wissen, wenn er einen Strich mit dem Bleistift oder dem Computer zeichnet, aus welchem Material der Strich ist, welche Farbe und Struktur er hat, welche Ästhetik er generiert und was der Strich kostet. Fügt der Planer einen weiteren Strich parallel zum ersten ein, wird bereits von einer Wand im Grundriss gesprochen.

Nun sollte (muss) ein Planer, sei er Architekt oder Ingenieur daran denken, dass diese 2 Striche schon eine Aussenwand beschreiben und dabei bereits 25 Anforderungen generieren, welche zu beachten sind! Der Vollständigkeit halber werden nun diese 25 Anforderungen beschrieben und deren Zweck und Eigenschaften erläutert.

01. Die **Ästhetik** ist seit dem Beginn der „**Moderne**“ im Jahr 1925 das Wichtigste was es für einen Architekten gibt auf der Welt. Alle andern 24 Anforderungen sind für den Architekten untergeordnete Nebensächlichkeiten, die ohne Bedeutung sind. Für heutige Architekten zählt nur das Eine: „**Das Design!**“ Diese Architekten werden wohl jetzt auch nicht mehr weiterlesen.
02. Die **Statik** des Bauingenieurs ist für die Fassade eines Architekten-Entwurfs ein angeblich notwendiges Übel, die nichts kosten darf. Der Architekt benutzt den eigentlich wichtigen Ingenieur seit Beginn der „Moderne“ wie eine Hure, nämlich nur dann, wenn er ihn nötig hat.
03. Die **Festigkeit** beschreibt mit ihrer Lehre, die Verformungen infolge Last- oder Temperaturwechseln einer Wand. Missachtungen der Festigkeitslehre und der damit verbundenen Nichtbeachtung der Thermodynamik sind Ursache der meisten Bauschäden.
04. Die **Erdbebensicherheit** ist Sache des Bauingenieurs im Bereich der Statik. Sie wird gewährleistet indem Gummipuffer (teuer) die Horizontalbeschleunigung aufnehmen und/oder im Gebäudekern sowie in den Fassaden entsprechende Aussteifungen erstellt werden.

05. Die **Sturmsicherheit** einer Fassade ist für einen Architekten nicht wichtig. Man sieht das vor allen Dingen bei Sturmschäden in den USA, wo eine Klimaanlage wichtiger ist, als eine gut funktionierende Wand, die nicht beim ersten Windstoss einbricht.
06. Die **Ökonomie** bzw. der **Preis** einer Wand spielt für den Architekten eine untergeordnete Rolle. Würde der Architekt die Ökonomie beachten, hätte er unweigerlich eine Honorareinbusse zu verzeichnen. Und wer will schon weniger verdienen in dieser garstigen Zeit?
07. Die **Erstellungszeit** einer Wand muss kurz sein, weshalb herkömmliche Bautechniken nicht mehr verwendet werden können. Welcher Architekt sieht denn ein, dass ein Drei-Schicht-Aussenverputz drei Monate für den Erhärtungsprozess benötigt? Billige Schmiere wird mit billigen Hilfskräften des Generalunternehmers appliziert. Das ist für heutige Architekten zeitgemäss und profitabel
08. Die **Wetterfestigkeit** einer Fassade wird von heutigen Architekten vernachlässigt, denn die Wand muss so schnell wie möglich wieder kaputt gehen, damit wieder eine neue Wand für ein neues Haus erstellt und neues Architektenhonorar bezogen werden kann.
09. Die **Dauerhaftigkeit** einer Wand ist die Schwester der Wetterfestigkeit. Kein Architekt ist daran interessiert, dass eine Wand drei bis vier Generationen hält. Im alten Rom wurde laut VITRUV eine intakte Wand auch noch nach 80 Jahren als neu eingestuft. Aus diesem Grund sollte eine Aussenwand auch heute noch eine Dauerhaftigkeit von **DREI** Generationen aufweisen.
10. Die **Wanddicke** sorgt dafür, dass der Wärmefluss gegen aussen nicht linear sondern exponentiell abfließt. Je dicker die Wand, desto grösser ist die Verweilzeit von solar eingestrahelter Energie und desto weniger Heiz-Energie muss dem Gebäudeinnern zugeführt werden.
11. Die **Wärmespeicherfähigkeit** ist der Bruder der Wanddicke, weil er hilft, das Beharrungsvermögen der Wärme in der Wand zu vergrössern. Wie bei der rotierenden Erdkugel, sorgt die Wärmespeicherfähigkeit für einen thermischen Ausgleich in einer Aussenwand. Mit Flächengewichten von 700 kg bis 1000 kg pro Quadratmeter werden die besten Energie-Speicherwerte erzielt!
12. Die **Wärmedämmfähigkeit**, genannt **U-Wert**, ist ein Materialwert der beschreibt, wie gross der Wärmefluss in einer Wand von innen nach aussen ist. Fälschlicherweise wird der U-Wert als gesetzlicher Wert zur Energieeinsparung verwendet (EnEV / SIA 380/1). Weil Aussen- oder Zwischendämmungen die solare Energieeinstrahlung unterbinden, sind Kunstharz-Schäume und Faserdämmungen für Wärmedämmungen ungeeignet. Die Architekten und Ingenieure haben es sträflich unterlassen, die Energie-Effizienz der U-Wert-Theorie zu überprüfen.

Die U-Wert-Theorie ist bis heute wissenschaftlich, experimentell nicht validiert!

13. Die **Wärmeeindringgeschwindigkeit** einer Wand ist materialabhängig. Mit ihr wird die solare Energieaufnahme berechnet. Frage nie einen Architekten, wie man diese thermische Wirkung berechnet, denn er weiss es nicht!
14. Die **Strahlungsaufnahmefähigkeit** einer Wand wird im Wesentlichen durch die Farbe bestimmt. Weisse Wände haben eine hohe Strahlungs-Reflektion und nehmen deshalb wenig solare Energie auf. Die Unsitte, weisse Gebäude zu erstellen, ist eine Modeerscheinung der inkompetenten Architekten, die keine Heizenergie einspart. Da Architektur-Modelle in weiss darzustellen sind, glaubt der Architekt, dass weisse Gebäude in der Realität die gleiche Wirkung erzielen würden. Weisse Gebäude sind ebenfalls ein Relikt der „Moderne“!
15. Die **Wärmebrücken** bei Fassaden gelten als hohe Energie-Verschleuderer. Niemand bedenkt, dass die Abwicklungen von Wärmebrücken auch erhöhte Einstrahlungs-Flächen bilden. Bis heute gibt es keine realen, experimentellen Untersuchungen von Wärmebrücken. Wärme fliesst nur von Warm nach Kalt, die von aussen einwirkende solare Strahlung bleibt unberücksichtigt. Würde man den Energieverbrauch der Wärmebrücken bei einem im „Jugendstil“ erstellten Haus berechnen, so ergeben sich Verbrauchswerte jenseits aller Vorstellungen. Dennoch ist der Energieverbrauch dieser Bauten geringer als bei hochgedämmten Gebäuden in aktueller Bauart.
16. Die **Sorptionsfähigkeit** ist eine Wandeigenschaft, welche durch die Kapillarität der verwendeten Materialien bestimmt ist. Die **Sorptionskette** von innen nach aussen: Papiertapete-Gipsverputz-Ziegel-Aussenputz mit Kalk, ist bis heute optimal. Gebäude mit dieser Sorptionskette benötigen zur Entfeuchtung keine Komfort-Lüftung. Da Faserdämmstoffe keine Kapillaren aufweisen, können sie auch kein Wasser von innen nach aussen transportieren, weshalb sie als Dämmstoff ebenfalls ungeeignet sind.
17. Die **Oberflächenstruktur** einer Fassade mit Lisenen, Gewänden, Stürzen, Vor- und Rücksprüngen, bestimmt, ob eine flache Wand infolge laminarer Luftströmung schnell auskühlt oder ob die Auskühlung bei einer strukturierten Wand mit turbulenter Luftströmung vermindert geschieht. Auch grobkörnige Putze wie z.B. ein Kellenwurf kann den Strahlungsgewinn infolge der vergrösserten Fassaden-Oberfläche verbessern.
18. Die **Schalldämmfähigkeit** einer Wand steigt exponentiell mit der Wanddicke und dem spezifischen Gewicht des Wandmaterials. Es gelten die gleichen Erkenntnisse wie bei der Wärmespeicherfähigkeit (siehe Punkt 11). Plant ein heutiger Architekt eine Wand mit Polystyrol-Aussendämmung hat er zu wissen, dass Resonanzen und Nebenweg-Übertragungen des Schalls den Wohnkomfort in einem Gebäude drastisch beeinträchtigen können.

19. Die **Gesundheitsverträglichkeit** einer Wand ist für den Menschen ein hohes Gut. Gips auf der Wand-Innenseite ist hygroskopisch und entfeuchtet den Raum optimal, wobei ein konventioneller 3-Schicht-Kalkverputz auf der Aussenseite für die aus dem Gebäudeinnern transportierte Entfeuchtung mit hoher Desorption sorgt, gleichzeitig Ungeziefer fernhält und den Algenbewuchs verhindert. Fassadenanstriche mit organischen Bindemitteln aus Kunstharzen vermindern krass die Gesundheitsverträglichkeit von Fassaden. Architekten sollten wieder lernen, wie anorganische Farben angewendet werden können.
20. Die **Diffusionsfähigkeit** ist die Mutter der Sorptionsfähigkeit. Poren und Kapillaren sind für das Entfeuchtungssystem einer Wand zuständig. Drei Wassermoleküle bilden in einer Pore einen Tropfen Wasser, der mit dem raumseitigen Partialdruck über die Kapillaren an die trockene Aussenluft transportiert wird. Wie bei der Gesundheitsverträglichkeit behindern organische Farbanstriche die Diffusionseigenschaften einer Fassade.
21. Die **Feuersicherheit** einer Wand wird durch das Verwenden nichtbrennbarer Baustoffe gesichert. Brennbare Dämmstoffe wie Holz, Kunststoff, Kunststoffschäume aus Polystyrol, Polyurethan, Phenolharz, Harnstoff etc. und auch mit Phenolharz gebundenen Mineralfasern sind zu vermeiden bzw. zu verbieten.
22. Die **Entsorgungsfähigkeit** einer Wand sollte von Beginn an einer Planung beachtet werden. Jedes Gebäude wird irgendeinmal abgebrochen und sollte dann keine giftigen Stoffe in die Umwelt freisetzen. Der Architekt sollte schon bei der Planung an das Recycling seiner „freigesetzten“ Stoffe denken um die Ressourcen - z.B. Betonkies - zu schonen. Im Energiebereich einer Wand ist die Entsorgung von Ziegel problemlos, wogegen Kunststoffschäume wie Polystyrol sehr problematisch sind, weil diese verbrannt werden müssen.
23. Die **Nachhaltigkeit - Ökologie** - ist ein viel gehandelter Begriff, welcher für eine Wand beschreibt, dass eine gute Investition länger halten soll als Ramsch. Deshalb ist ein Architekt dafür verantwortlich, dass die Dauerhaftigkeit der von ihm geplanten Bauteile gesichert ist. Die in Mode gekommenen Wände aus „isoliertem Pappendeckel“, hochgedämmte Ständerkonstruktionen, „Glaschwarten-Bauten“ etc. sind deshalb nicht nachhaltig.
24. Die **Gesamtenergiebilanz** einer Wand wird durch die Energie-Verbrauchs-Leistung (EVL) in Watt pro Kubikmeter Gebäude und der gemessenen Temperaturdifferenz in W/m^3K beschrieben. Allerdings wird es noch gefühlte 100 Jahre dauern, bis die angebliche Wissenschaft der Bauphysik diesen Wert verinnerlicht hat, obwohl dieser Norm-Wert bereits vor 90 Jahren in ganz Europa als „**Kennziffer**“ zu Vergleichszwecken bekannt war.

25. Der **Energieverbrauch** einer Wand wird durch die 8 energierelevanten, vorge-nannten Faktoren bestimmt (siehe Punkt 10 bis 17), welche nachfolgend ma-thematisch und physikalisch präzisiert werden:
10. Die **Wanddicke** führt über die **Zeitkonstante** τ x 0,5 Log. n zur Halbwerts-zeit. Die **Halbwertszeit** ist ein qualitativer Wert. Sie gibt an, in welcher Zeit der Wärmehalt einer Wand bei „freier“ Auskühlung abnimmt. Weil die Wanddicke im Quadrat über der Temperaturleitzahl in die Formel eingeht, bildet sie eine der wichtigsten Energie-Faktoren einer Aussenwand!
(Dr. habil. Georg Hofbauer, Gesundheitsingenieur, 29. März 1941)

Wanddicke	d	cm	
Wärmeleitung	λ	W/mK	
Raumgewicht	ζ	kg/m ³	
Wärmespeicherzahl	c	Wh/kgK	
Konstante für Halbwertszeit „k“ bei 0°C			$k = 0,5 \times \text{Log. } n = 0.347$
Die Temperaturleitzahl	$a = \lambda / \zeta \times \text{cm}^2 / \text{h}$		
Die Zeitkonstante	$\tau = d^2 / a$		h
Die Halbwertszeit	$\tau' = k \times d^2 / a$		h

Beispiel:

Zwei Wände mit gleichem Flächengewicht und gleichem U-Wert:

$$a = \lambda / \zeta \times c = 0,1 \text{ W/mK} / 0,03 \text{ Wh/kgK} \times 1500 \text{ kg/m}^3 = 0,002 \text{ m}^2/\text{h}$$

(Diese Konstruktionen könnte man sogar „hinbasteln“)

Wand W1:	d = 25 cm	$d^2 = 0,0625 \text{ m}^2$
Zeitkonstante W1:	$\tau = 0,0625 \text{ m}^2 / 0,002 \text{ m}^2/\text{h}$	= 31.25 h
Halbwertszeit W1:	$\tau' = 0,347 \times 31.25 \text{ h}$	= 10,8 h

Wand W2:	d = 50 cm	$d^2 = 0.25 \text{ m}^2$
Zeitkonstante W2:	$\tau = 0,25 \text{ m}^2 / 0,002 \text{ m}^2/\text{h}$	= 125.00 h
Halbwertszeit W2:	$\tau' = 0,347 \times 125 \text{ h}$	= 43.4 h

Fazit: Bei doppelter Wanddicke ist die Halbwertszeit 4 mal höher!!!

11. Die **Wärmespeicherfähigkeit** ist anhand von Energie-Verbrauchs-Analysen (EVA) dahingehend beobachtbar, dass ein Flächengewicht von 700 kg/m² (39 cm Vollziegel verputzt) bis 1'000 kg/m² (54 cm Vollziegel verputzt) energetisch von Vorteil ist.

Gebäude mit derartigen Wänden weisen einen Netto-Energieverbrauch von $Q_h = 20 \text{ kWh/m}^3\text{a}$ auf (siehe Gesundheits-Ingenieur 1925 bis 1927).

12. Die **Wärmedämmfähigkeit** wird durch den U-Wert (alt k-Wert) beschrieben und bildet bei nicht solar bestrahlten Bauteilen wie: Kellerdecke, Dachdecke und Rohrdämmungen etc. zweifelsfrei die relevante Energiespargrösse, wobei in zweiter Linie wiederum die Materialdicke und anschliessend die Wärmespeicherfähigkeit zum Tragen kommt. Bei Aussenwänden aber, fehlt jedoch bis heute jegliche Kausalität in Bezug zum messbaren Energieverbrauch.

Das stellte auch ETH-Professor Max Hottinger in den 1940-er Jahren fest.

Die nach ihm benannte Hottinger-Formel lautete für die Bestimmung der Heizleistung:

$Q = \text{Wirkungsgrad der Heizung} \times \text{Fläche} \times \text{Temperaturdifferenz} \times \text{U-Wert} \times \text{Gleichzeitigkeitsfaktor}$ plus zusätzlich noch ein paar weitere, unwichtige Faktoren.

Der Gleichzeitigkeitsfaktor betrug für Bauten mit Wandstärken aus Vollziegeln von 39 bis 52 cm + Verputz = 0,5!

$$Q = \mu \times F \times \delta T \times k \times 0,5 = 0,45 \times \text{m}^2 \times \text{°K} \times \text{W/m}^2\text{K} \times 0,5$$

Das Einfügen des empirisch bestimmten Gleichzeitigkeitsfaktors war erforderlich, weil die Heizleistungs-Berechnungen mit der Wirklichkeit nicht übereinstimmten.

13. Die **Wärmeeindring-Geschwindigkeit** leitet sich von der „Eindringzahl“ b , in Wattstunden pro Quadratmeter mal °Celsius mal Wurzel aus der Zeit ab. Normale Baustoffe haben b -Werte von 190 bis 550 $\text{Wh/m}^2 \text{K} \sqrt{\text{s}}$

Generell hängt die Wärmeeindring-Geschwindigkeit vom Flächengewicht, der Wanddicke und der Aussenstruktur des Wandbaustoffes ab. Hat die Wand infolge zu hoher Porosität, einem allzu geringen Flächengewicht oder bei zu weit auseinanderliegenden Verbund-Stegen mit geringer Dicke (Schlitzlochsteine) einen zu grossen Wärmeeindring-Widerstand, so lässt sich die eingestrahlte Sonnenenergie nur in geringem Umfang nutzen. Es herrscht eine Wärmedepression! Erstmals wurden diese Zusammenhänge im Februar 1982 bei Messungen am Justus Knecht Gymnasium in Bruchsal beobachtet. Die Ergebnisse wurden in der Folge als „Bruchsal-Messung“ publiziert und baugeschichtlich festgehalten. Grundlagenforschungen dazu bestehen jedoch nicht.

14. Die **Strahlungsaufnahmefähigkeit / Farbe** und die erforderlichen Strahlungsabsorptionsmessungen sind zur Zeit nur für den sichtbaren Teil des Lichts erhältlich. Wie die Infrarotstrahlung in einem Bauteil ankommt und wie sie ausgenutzt werden kann, weiss niemand. Es ist anzunehmen, dass in der gemessenen Globalstrahlung – bestehend aus direkter und diffuser Strahlung – das IR möglicherweise enthalten ist.

Es ist m.E. aber unzulässig, Strahlungsprozente aus gemessenen Anteilen des sichtbaren Lichtes mit der gemessenen Globalstrahlung zu multiplizieren und so eine Strahlungsabsorptionsmenge zu bestimmen.

Zusammenhänge:

Verputze auf Aussendämmungen müssen – damit sie nicht reissen – einen hellen Farbton aufweisen und meistens handelt es sich um einen sogenannten Kunststoffputz mit einer:

Strahlungsabsorptionszahl von $\mu = 0.30$ bis $0,40$ und einer

Reflektionszahl von $\mu = 0,60$ bis $0,70$

Auf massiven Wänden hingegen können durchgefärbte Kalkputze mit dunkler Einfärbung appliziert werden, welche eine:

Strahlungsabsorptionszahl von $\mu = 0.65$ bis $0,80$ bei einer

Reflektionszahl von $\mu = 0,35$ bis $0,20$ aufweisen.

15. Generell gilt für **Wärmebrücken** die Argumentation von Punkt 17. „Die Oberflächenstruktur.“ Im Wesentlichen sind energetisch negative Wärmebrückeneffekte bei Aussenecken, Wandanschlüssen zu Fassaden, bei Deckenauflegern und auskragenden Bauteilen zu beachten. Das trifft aber nur auf aussengedämmte Konstruktionen mit geringer Innenwandstärke und mit niedrigem Flächengewicht zu. Meistens kommt es bei diesen Schwachstellen zu Kondensat-Ausfall mit Schimmelpilz. Vermutlich spielt auch hier die Wanddicke gemäss Punkt 10. „Die Wanddicke“ die entscheidende Rolle. Unterschreitet die Wanddicke eine bestimmte Grösse, wird die exponentielle Auskühlung beschleunigt.

Bei dicken massiven Wänden von 40 bis 50 cm sind diese Nachteile nicht beobachtbar. Würde man aber bei einem Jugendstil-Haus die Entwärmung nach der aktuellen Wärmebrückentheorie berechnen, so würde alleine aus Lisenen, Gewänden und Gesimsen ein derart hoher Energiebedarf entstehen, dass mit den Fenster-, Wand-, Boden- und Dachflächen ein um das Vielfache höherer Energieverbrauch entsteht, als er in der Wirklichkeit beobachtbar ist. Offizielle, reale Messungen bestehen hierzu nicht.

Falsch verstandener Reduktionismus führt zum „**Schichtendenken**“! Die „Trag-, Dämm- und Wetter-Schichten“ sind letztendlich wieder ganzheitlich zu betrachten. Zweischalen-Mauerwerke, Fassaden mit verputzter Aussenwärmedämmung, Betonfassaden mit hinterlüfteter Zwischendämmung, Blech- und Vorhangfassaden mit Hinterlüftung und Schaum- oder Faserdämmung, Holzrahmen-Bauweise mit integrierter Faserdämmung etc. sind weder nachhaltig noch energieeffizient. Vermutlich bildet die einschalige Wand – infolge der besten Temperaturverwaltung – die idealste Wandkonstruktion!

16. Die **Sorptionsfähigkeit** der „offiziellen“ Bauphysik nimmt an, dass im Winter die Raumfeuchtigkeit im innern der Wände kondensiert (Kondensationsperiode) und das Kondensat im nächsten Sommer wieder austrocknet (Austrocknungsperiode). Aus den experimentellen Untersuchungen von ETH-Prof. und EMPA-Chef Paul Haller aus den Jahren 1953 bis 1958, geht aber eindeutig hervor, dass Aussenwände im Sommer generell nass sind und in den Wintermonaten austrocknen. Die Angaben im derzeit aktuellen Berechnungsprogramm WUFI, sind deshalb falsch. Experimente zu WUFI existieren nicht!

Es kann auch aus den Untersuchungen der Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt EMPA entnommen werden, dass sich die von Aussenwänden aufgenommene Feuchtigkeit im Herbst und Frühjahr positiv auf den Energiehaushalt auswirkt, weil die eingedrungene Feuchtigkeit die Wärmespeicherfähigkeit im Aussenbereich von Wänden erhöht und somit die solare Zustrahlung bereits auf niederstem Niveau energiewirksam wird.

Eine Aussenwand kann aussen kalt und feucht und bei normaler innerer Beheizung auf 20 °C, innen warm und trocken sein!

Hypothese: Die um die Feuchtigkeit erhöhte Wärmespeicherfähigkeit übertrifft in ihrer Wirkung den negativen Aspekt des angeblich grösseren Wärmeverlustes der Wand infolge besserer Wärmeleitung.

Aus den Experimenten von Haller sind keine quantitativen Energieeinsparungen errechenbar.

17. Je nach **Oberflächenstruktur** kann eine Fassadenfläche mehr oder weniger Strahlung aufnehmen. Lisenen, Gewände und Gesimse bilden zwar so genannte geometrische Wärmebrücken. Sie nehmen jedoch auch auf allen Seiten Strahlung auf. Gleiches gilt für Putze. Rohe Putze weisen eine grössere Oberfläche als feine Putze auf und können deshalb mehr Sonnenstrahlung aufnehmen. Bis heute gibt es nur mathematisch ermittelte Wärmebrückenkataloge, beruhend auf stationären Theorien von innen nach aussen. Experimentelle Messungen und instationäre Wärmebrücken-Theorien existieren zur Zeit nicht.