

Ökologisches Bauen - kreative Lebensräume für alle

o. Professor Dipl.-Ing. **Klaus Daniels**,
HL-Technik Engineering Partner GmbH, München

Ökologisches Bauen beschäftigt sich mit baulichen Strukturen, die nicht nur mit einem Minimum an recyclefähigem Material aufgeführt werden, sondern sich zudem langfristig natürlich betreiben lassen, d.h. natürliche Ressourcen für den Betrieb nutzen.

Als besonders geeignete Beispiele erscheinen mir Gebäude mit großen gläsernen Hüllflächen, die die Beziehung Innenraum und äußere Umgebung betonen.

Insofern folgen beispielhafte Baustrukturen und Gebäude, bei denen sowohl die ökologischen Aspekte als auch die kreativen Lebensräume im Vordergrund standen und stehen.

1. Mensch und Behaglichkeit

Der Mensch entwickelt durch langsame Verbrennung von Eiweiß, Fett und Kohlehydraten unter Zuhilfenahme des eingeatmeten Luftsauerstoffs Wärme („Grundumsatz“), die er nach außen abgeben muss, um die Körpertemperatur annähernd konstant zu halten.

Die Wärmeabgabe erfolgt dabei auf mehrfache Art und Weise:

- durch Konvektion und Leitung,
- durch Wärmestrahlung,
- durch Verdunstung,
- durch Atmung,
- durch Ausscheidungen.

Bei völliger Ruhe im Behaglichkeitszustand beträgt die Mindestwärmeabgabe im Körper ca. 80 W. Mit steigendem Aktivitätsgrad oder steigenden Umgebungstemperaturen verändert sich die Wärmeabgabe, wie Bild 1 zeigt.

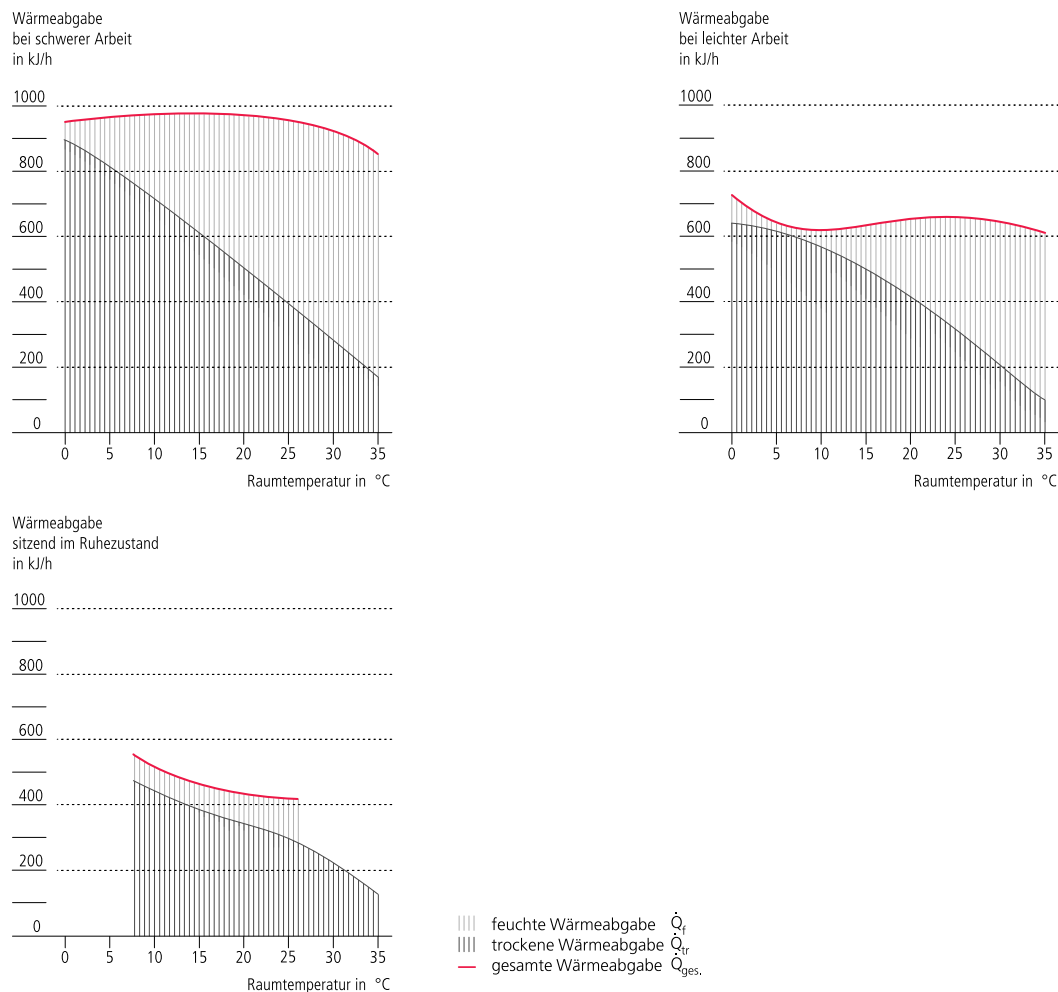


Bild 1 Wärmeabgabe (feuchte und trockene) des Menschen in Abhängigkeit von der Raumlufttemperatur bei verschiedenen Tätigkeiten 1 kJ/h = 0,278 W

Dabei stellen sich Haut- und Oberflächentemperaturen in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur gemäß Bild 2 ein.

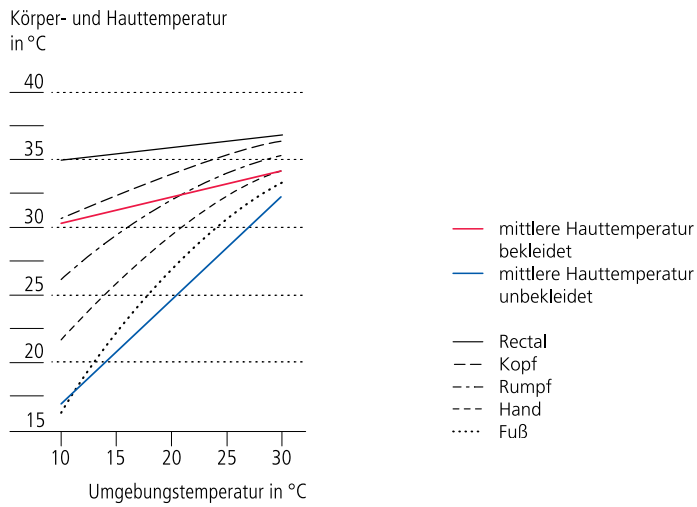


Bild 2 Haut- und Oberflächentemperatur des ruhenden Menschen in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur

Behagliche Räume führen in der Regel zu einer optimalen Leistungsbereitschaft der sich darin aufhaltenden Personen. Ergonomen haben hierüber eine Vielzahl von Untersuchungen angestellt und Leistungskurven wie Bild 3 in Abhängigkeit von der Effektiv-Temperatur ermittelt. Diese vereinfachte Darstellung setzt eine mittlere Luftgeschwindigkeit von 0,15 m/s und eine mittlere Feuchte von 50% r.F. voraus. Wie Bild 3 zeigt, liegt das Optimum der Leistung in einem engen Temperaturbereich. Dieser kann sich, je nach baulicher Ausbildung und Art der Belüftung des Raumes entsprechend einstellen – Bild 4 zeigt verschiedene Ausbaupvarianten mit ihren sich max. einstellenden Raumtemperaturen im Sommer.

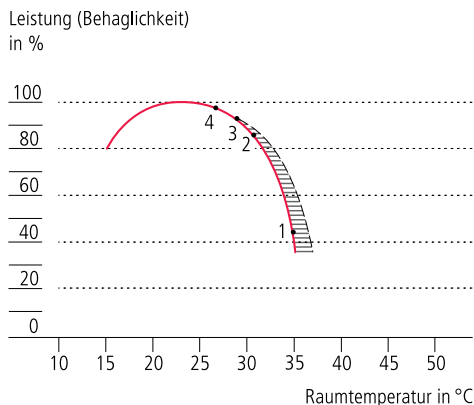


Bild 3 Leistungsverhalten (Maßstab des „Klimakomforts“) bei verschiedenen lufttechnischen Varianten/Temperaturzuständen

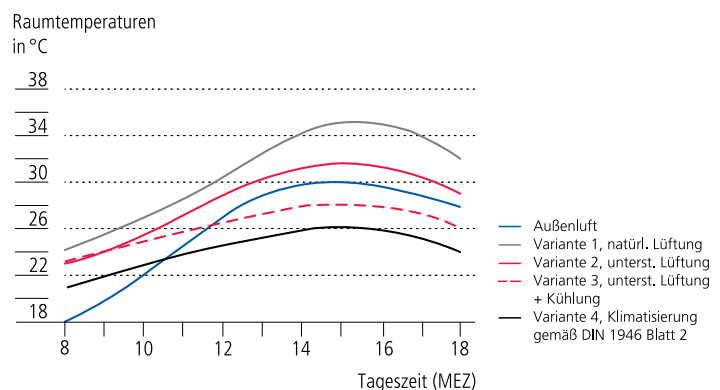


Bild 4 Maximale Raumtemperaturen bei verschiedenen Lüftungs- und Kühlvarianten in allgemeinen Bürobereichen

Bild 5 zeigt ergänzend experimentelle Ergebnisse zu Raumtemperaturen und Leistungsverhalten (nach D. P. Wyon).

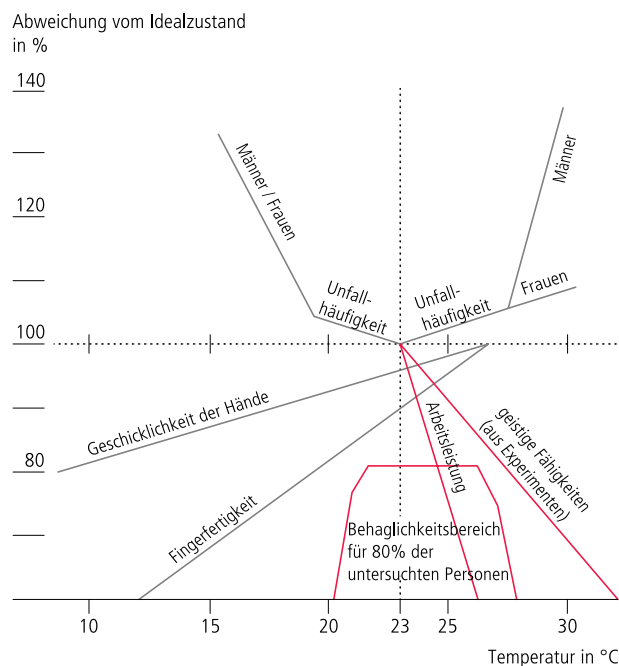


Bild 5 Experimentelle Ergebnisse zu Raumtemperaturen und Behaglichkeit (nach D. P. Wyon)

2. Thermische Behaglichkeit

Die thermische Behaglichkeit drückt Behaglichkeitsbereiche aus, innerhalb derer sich der Mensch am wohlsten fühlt. In diesem Bereich ist das thermische Gleichgewicht des Körpers bei verschiedenen physikalischen Umwelteinflüssen gegeben.

Da eine große Anzahl verschiedenartiger Faktoren Einfluss nehmen, können strenge Grenzen der Behaglichkeit nicht angegeben werden. Vielmehr das Wechselspiel sich beeinflussender Faktoren macht einen behaglichen Zustand aus oder auch nicht.

Hierzu gehören u.a.:

- Geschlecht
- Gesundheitszustand
- Nahrungsaufnahme
- Alter
- Jahreszeit
- Art der Arbeit.

Weitere Einflussgrößen, die z.T. durch die bauliche Ausbildung sowie Belüftung und Temperierung

des Raumes bestimmt werden, sind nachfolgend dargestellt:

- Raumlufttemperatur
- Umgebungstemperaturen
- Luftfeuchte.
- Luftbewegung
- Bekleidung

Die Raumlufftemperatur soll sich idealerweise im Bereich zwischen 20 – 24°C bewegen, wobei hier bereits die entsprechende Bekleidung in Abhängigkeit von den Außentemperaturen berücksichtigt ist. Raumtemperaturen von 24°C im Sommer bedeuten jedoch hohe Investitionen zur Kühlung von Räumen, so dass die obere Grenztemperatur eher bei 27 – 28°C gezogen wird unter gleichzeitiger Inkaufnahme gering abfallender Leistungen. Wie Bild 6 zeigt, steigen die Raumtemperaturen ab ca. 26°C Außentemperatur.

Neben der Raumtemperatur spielt die mittlere Temperatur der umgebenden Flächen (einschl. Heizflächen) über die mittlere Strahlungstemperatur eine nicht unwesentliche Rolle, da sich der Körper mittels Strahlung entwärmt.

Die mittlere Strahlungstemperatur t_R errechnet sich aus:

$$t_R = \frac{\sum_n (A \cdot t)_n}{\sum_n A}$$

A = Oberfläche

t = Oberflächentemperatur

t_R = Strahlungstemperatur

n = Anzahl der verschiedenen Flächen.

A bezeichnet die einzelnen Flächen, (Wände, Heizkörper, Fenster usw.),
t die dazugehörigen Temperaturen.

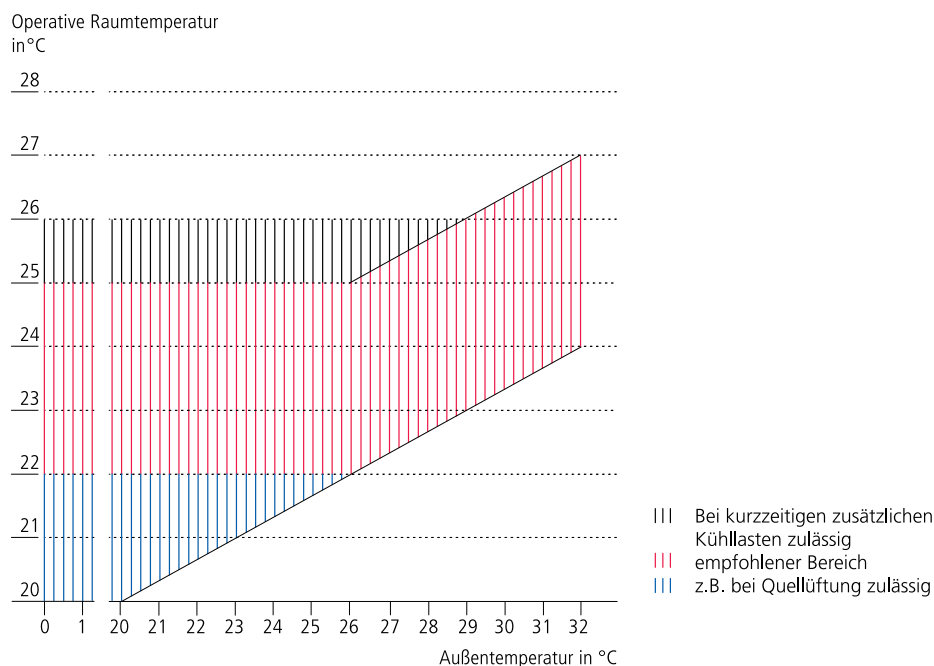
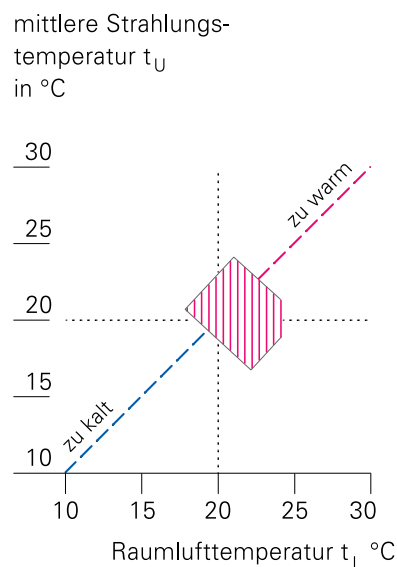


Bild 6 Bereiche operativer Raumtemperaturen (empfundene Raumtemperaturen),
nach DIN 1946 Teil 2.
Voraussetzungen: Aktivitätsstufen I und II, leichte bis mittlere Bekleidung

Sinkt z. B. die mittlere Wandtemperatur um 1K, so ist dies beim ruhenden Menschen gleichwertig mit einer Absenkung der Lufttemperatur um 1K. Luft- und Wandtemperaturen haben somit auf die Entwärmung des menschlichen Körpers einen gleichgroßen Einfluss. In Bezug auf die thermische Behaglichkeit wird somit nicht nur von Raumlufttemperaturen sondern gleichermaßen von mittleren Strahlungstemperaturen gesprochen, die gemeinsam eine optimale „operative“ Temperatur bilden sollen. Anstatt des Ausdrucks „operative Temperaturen“ wurde bisher der Begriff der „empfundenen Temperatur“ eingeführt, der jedoch keine Temperaturabsenkungen durch Zugluft erfasst.

Eine weitere Hilfsgröße bei der Beurteilung einer entsprechenden thermischen Behaglichkeit zeigt Bild 7, das Behaglichkeitsfeld nach Grandjean.

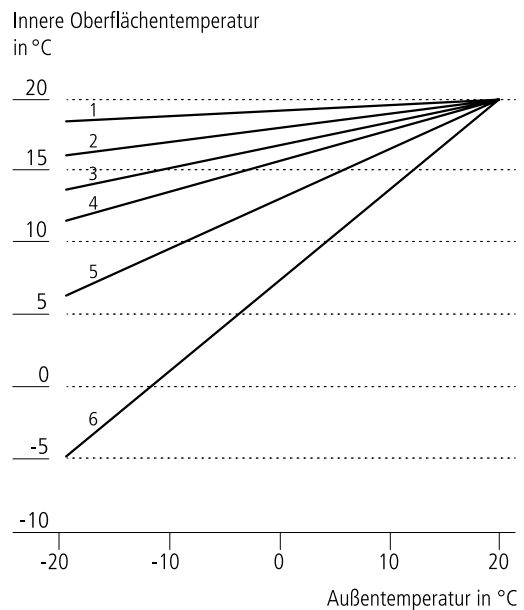
Die Darstellung weist aus, dass nur ein sehr kleines Feld von Umgebungs- und Raumtemperaturen zu behaglichen Zuständen führt. Gerade im Fensterbereich sind erhebliche Aufwendungen zu betreiben, um entsprechend günstige Oberflächentemperaturen zu erzielen, wie Bild 8 ausweist.



t_U = mittlere Strahlungstemperatur
 t_L = Raumlufttemperatur
 ||||| behaglich

Grundlage:
 Luftgeschwindigkeit 0 bis 0,2 m/s,
 relative Feuchte 30 bis 70 %

Bild 7 Behaglichkeitsfeld im t_U/t_L -Diagramm nach Grandjean



- 1 Abluftfenster $k \leq 0,4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- 2 Wärmeschutzisolierverglasung mit $k = 0,7 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- 3 Wärmeschutzisolierverglasung mit $k = 1,3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- 4 Wärmeschutzisolierverglasung mit $k = 1,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- 5 doppelte Verglasung mit $k = 3,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- 6 einfache Verglasung mit $k = 6,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Bild 8 Innere Oberflächentemperatur von Abluft-, Normalfenstern und Wärmeschutzisolierverglasung - Raumtemperatur 20 °C

3. Gebäude und Fassaden

Bei Gebäuden mit hohem Glasanteil oder Häusern unter Glas ergeben sich zuerst Fragen an den Komfort und die Komfortansprüche. Darüber hinaus sind bezüglich der Wirtschaftlichkeit Analysen zu erstellen, um die Einspareffekte durch u.U. einen verringerten Wärmebedarf nicht durch eine erhöhte Kühllast zunichte zu machen.

Werden die Beheizung, die Belüftung und die Verglasungsarten in richtiger Weise aufeinander abgestimmt, so kann ein Gebäude mit Glasatrien oder gläsernen Wintergärten deutlich weniger Energie benötigen als ein Gebäude mit offenen Strukturen.

Gläserne Strukturen können intelligenterweise so konzipiert werden, dass sie allen Ansprüchen der späteren Nutzer genügen und gleichzeitig das Umweltangebot in Einklang mit den Nutzeransprüchen bringen.

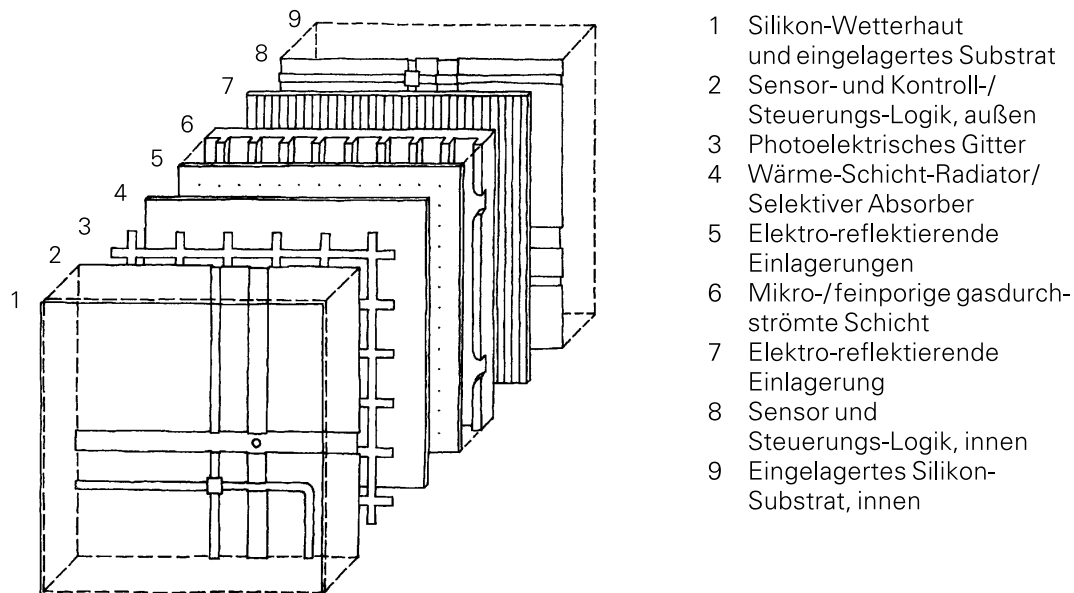


Bild 9 Polyvalente Wand nach Mike Davis (Büro Richard Rogers Partnership)

Bild 9 zeigt den Aufbau einer gewünschten Glasstruktur nach Mike Davis (Büro Richard Rogers Partnership, London) als polyvalente Wandstruktur. Diese von ihm 1982 konzipierte und veröffentlichte polyvalente Wand soll so aufgebaut sein, dass sie je nach Nutzungsanspruch und Jahreszeit als Sonnen- oder Wärmeschutz dient, Wärmeenergie vor dem Gebäude reflektiert oder in das Gebäude eintreten lässt und sich öffnet oder schließt. Die einschlägige Glasindustrie konnte bis heute die Vorschläge von Mike Davis nur bedingt umsetzen, arbeitet jedoch am Thema.

Gleichwohl kann man die Ideen von Mike Davis aufgreifen und den Ablauf einer polyvalenten Wand mit herkömmlichen Mitteln nachbilden. Bild 10 zeigt eine Ablaufstruktur für den Betrieb

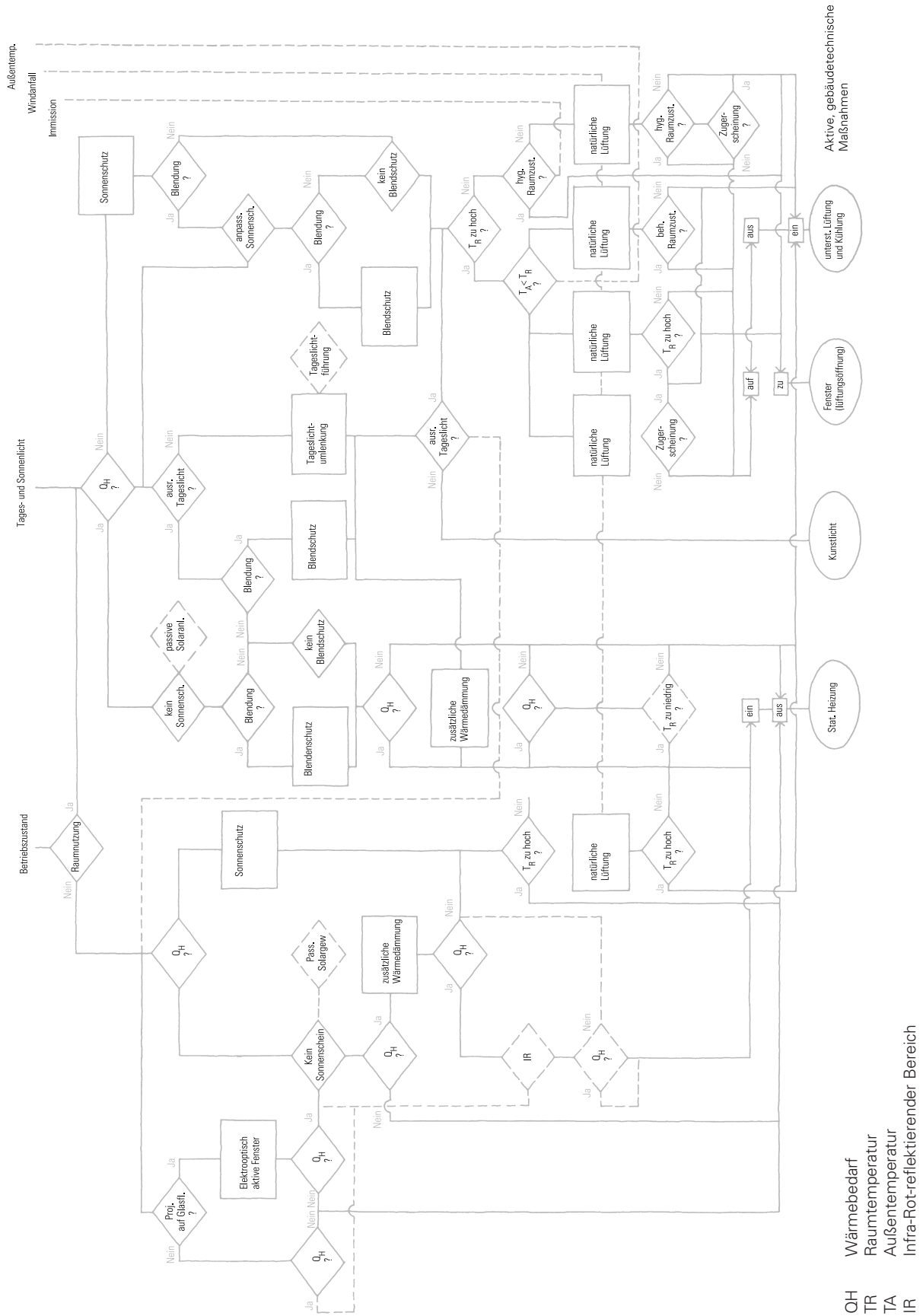


Bild 10 Ablaufplan für den Betrieb polyvalenter Wandsysteme und aktiver technischer Maßnahmen

einer Glasfassade, aus dem hervorgeht, welchen Ansprüchen eine quasi "intelligente Fassade" genügen muss, um letztendlich mit möglichst geringen technischen Hilfsmitteln und Energiekostenaufwendungen ein Haus zu beheizen, zu belüften, zu belichten oder kühl zu halten.

Transparenz kann in unterschiedlichster Form durch Architektur ausgedrückt werden, wobei technische Einrichtungen hierbei eine dienende Funktion übernehmen, um während der gesamten Jahreszeit für behagliche Raumzustände zu sorgen. Transparente Baustrukturen ergeben sich aus unterschiedlichsten gestalterischen und Nutzungsansprüchen und es soll nachfolgend eine Reihe von Objekten dargestellt werden. Die z.T. gebauten, z.T. in der Planung befindlichen Objekte zeigen die Vielfalt der Möglichkeiten bei unterschiedlichsten architektonischen Ausformungen.

Hervorzuheben ist bei allen Gebäuden, dass sie unter den Gesichtspunkten des nachhaltigen Bauens entwickelt wurden, d.h. jeweils im Vordergrund stand, das Angebot der natürlichen Ressourcen möglichst direkt zu nutzen. Gleichzeitig wurde darauf geachtet, mit möglichst geringem Energie- und vor allem Materialeinsatz auszukommen.

4. Grünhäuser

Als Beispiel eines Gebäudes in Form eines Grünhauses soll die Hauptverwaltung der Datenverarbeitungsgesellschaft Hannover (dvg) dienen.

Bei diesem Gebäude ging es darum, einen vor dem Gebäude liegenden Park in das Gebäude mit einzubeziehen (Architekten Prof. Hascher und Jehle, Berlin). Bild 11 zeigt die kammartige Baustruktur. Diese besitzt mehrere große Glasdächer, die im Wesentlichen von Westen her belüftet werden. Als Bindeglied zwischen äußerem Grün und Hallenstrukturen dient ein ausgedehntes Wasserbecken, das zu adiabaten Kühleffekten führt.

Innerhalb der Hallenstrukturen sind Bäume, Sträucher und Rasenflächen eingesetzt, die im Sommer feucht gehalten werden, wodurch Staubbindungen und adiabate Kühleffekte eintreten.



Bild 11 dvg-Hauptverwaltung, Hannover

Das Hallendach selbst ist so ausgeformt, dass es z.T. die auftreffende Solarenergie reflektiert und vor allem zu einer hervorragenden Durchlüftung führt. Das Gebäude schließt sich im Winter, so dass die solar zugestrahlte Wärmeenergie innerhalb des Gebäudes passiv genutzt werden kann. In der Übergangszeit und im Sommer, d.h. bei Hallentemperaturen oberhalb $+20^{\circ}\text{C}$, öffnet sich der Hallenraum sowohl in seinen vertikalen Glasflächen als auch in den Dachflächen. Hierdurch tritt eine mehr oder weniger intensive Durchlüftung ein, die die zugestrahlte Wärmeenergie abführt, um ein Überheizen des Glasatriums zu vermeiden. Genaue Simulationsberechnungen (Bild 12) im Zuge der Entwurfsplanungen haben Auskunft darüber gegeben, welcher minimale Wärmeeintrag notwendig wird, um im Hallenraum selbst im Winter noch Temperaturen im Bereich um $+14^{\circ}\text{C}$ zu erreichen. Die Temperierung der Halle kann entweder in direkter Form durch Heizelemente (z.B. Bodenheizungen, Sprossenheizungen o.ä.) erfolgen oder aber der Hallenraum wird dadurch temperiert, dass die innenliegenden Baustrukturen ausreichend Wärmeenergie an die Halle selbst abgeben, um eine noch ausreichende Temperierung zu erreichen.

Winter:

Heizenergie Atrium (max. 270 kW),
mit aktiven Heizelemente im Boden

Sommer:

Natürliche Lüftung,
Typ des Dachglases: VSG 55/42
(teilweise bedruckt)

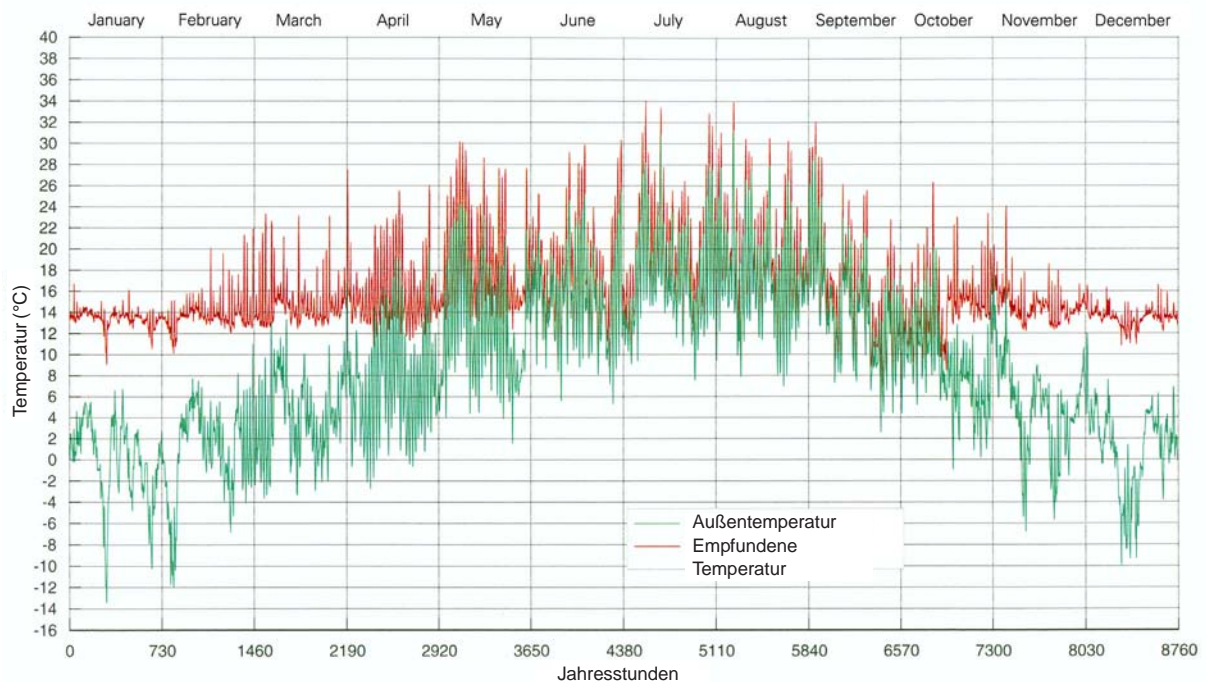
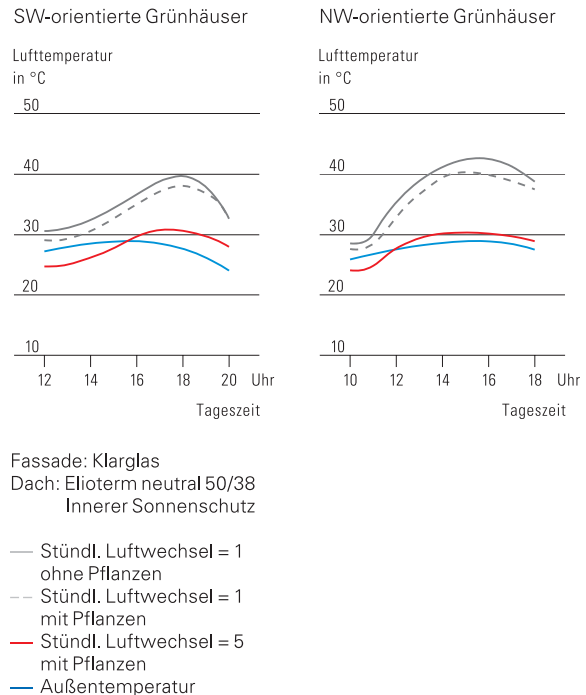


Bild 12 Die empfunden und äußeren Temperaturen in einem Atrium im Jahresverlauf

Die Bildserie 13 zeigt einen gläsernen Hallenraum mit Temperaturverläufen.



Bildserie 13 EDV-Simulation mittlerer Lufttemperaturen im Grünhaus



5. Begegnungsräume

Räume als gedeckte Verkehrsflächen können sich in unterschiedlicher Weise darstellen. Nachfolgend ist ein Objekt ausgewiesen, das als beispielhaft zu benennen ist. Die Bildserie 14 zeigt die zentrale Eingangshalle der Messe in Leipzig (Architekten v. Gerkan Marg & Partner in Zusammenarbeit mit Ian Richie). Dieser Begegnungsraum dient primär als zentrale Eingangshalle für Messebauten und gleichzeitig als Treffpunkt während des Messebetriebes. Eine außenliegende Rohrkonstruktion trägt das große Hallendach (hängend), das z.T. bedruckte Glaselemente aufweist, die dem Sonnenschutz dienen. Die gesamte Hallenstruktur wird im Regelfall durch öffnen von Klappen im unteren und oberen Bereich thermisch durchlüftet, wobei bei Überströmung der gebogenen Hallenstruktur im oberen Bereich Unterdrücke entstehen, die die thermische Durchlüftung durch Sog unterstützen. Die Beheizung der Halle erfolgt auf +10°C über eine im Boden eingelegte Fußbodenheizung, die im Sommer auch mit Kühlwasser beschickt werden könnte, um den Hallenraum als noch thermisch behaglichen Raum darzustellen. Die gläsernen Strukturen heizen sich bei Sonnenbestrahlung auf und werden, so sie nicht gekühlt werden, zu großen Wärmestrahlern. Hier liegt eines der Probleme, das es zu lösen gilt. Entsprechende gläserne Strukturen können durch Sonnenschutzmaßnahmen beschattet werden oder aber entsprechende Glasstrukturen werden durch Kühlwasser in ihren Oberflächentemperaturen gekühlt, so dass ein großer Wärmestrahlungseintrag vermieden wird. Bei der zentralen Eingangshalle in Leipzig mit einer einfachen VSG-Verglasung erfolgt eine Kühlung der Glasstrukturen durch Wasser (besonders geeignet durch Regenwasser).



Bildserie 14 Zentrale Halle und Eingangshalle der Messe Leipzig

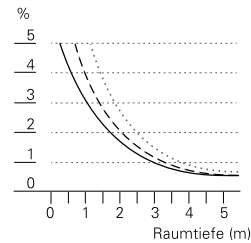
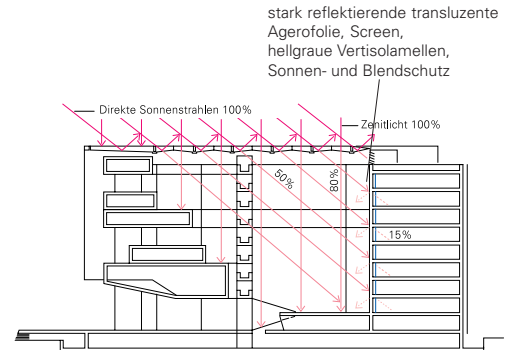
6. Nutzfläche - Hallenräume

Für ein bekanntes Chemieunternehmen wurde durch die Architekten Hentrich, Petschnigg & Partner ein Wettbewerbsentwurf entwickelt, bei dem es darum ging, große transparente Aufenthaltsräume zu schaffen. Das ringförmige Gebäude besitzt eine große zentrale Glashalle, in der Konferenzzonen, Schulungsbereiche und Nebennutzflächen wie Gondeln eingehängt sind. Das Betreiben der gesamten Gebäudestruktur inklusive des großen Glasatriums ist in der Bildserie 15 dargestellt und erläutert, wobei auch bei diesem Gebäude eine Glasdachkühlung durch Regenwasser erfolgen soll. Zudem dargestellt sind Temperaturen der angrenzenden Raumbereiche bei unterschiedlichsten technischen Ausbaustandards.

Die Bildserie zeigt im Wesentlichen alle Problemkreise und Potenziale, die in Verbindung mit großen Hallenräumen und angrenzenden Nutzflächen auftreten.



Bildserie 15 Entwurf einer Unternehmenszentrale mit besonderer Corporate Identity, Architekten: HPP-Hentrich Petschnigg & Partner KG



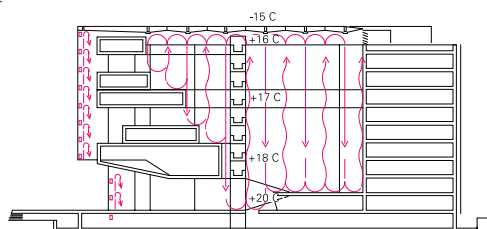
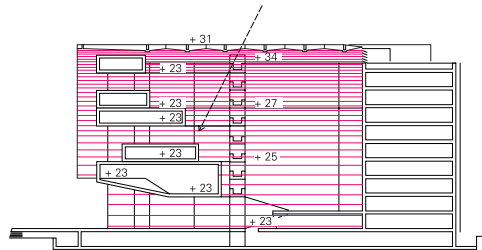
Büros zum Innenhof, Tageslichtquotienten in % an bedeckten Tag

— Büro EG
 - - Büro 4.OG
 Büro 8.OG

Temperaturschichtungen im Atrium

Im Sommerbetrieb werden ca. 10% der Glasflächen geöffnet, so dass eine natürliche Durchlüftung bei gleichzeitiger Wärmeabfuhr erreicht wird. Und angenehme Raumbedingungen im Aufenthaltsbereich zu erreichen, wird eine Bodenkühlung (durch Rücklaufwasser der Kälteanlage) vorgeschlagen. Bei Überströmung der Halle mit Wind stellt sich ein ca. 6facher Luftwechsel ein (Außenluftgeschwindigkeit ca. 2,5 m/s). Die Foyer-Bereiche und die Nutzflächen der eingehängten Geschosse werde partiell gekühlt oder beheizt.

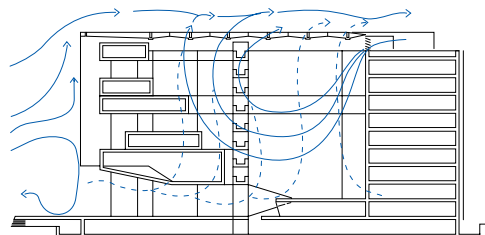
Im Winterbetrieb wird die Fußbodenkühlung (Betonkernkühlung) auf Heizbetrieb umgestellt, d.h. ca. 23grädiges Rücklaufwasser durchströmt die im Boden liegenden Leitungen und führt zu einer Oberflächentemperatur im Aufenthaltsbereich von ca. 20°C. Gleichzeitig werden die vertikalen und horizontalen Glasflächen durch Sprossenheizung infolge der Strahlung so beheizt, dass eine innere Oberflächentemperatur der klaren Isolierverglasung von + 16°C erreicht wird. Hierdurch entsteht eine thermische Eigenzirkulation mit Luftgeschwindigkeiten von max. 0,2 m/s.



Tageslichttechnik, natürliche Belichtung

Da außer Verglasung und Konstruktionsanteil keine weiteren Sonnenschutzmaßnahmen in der Halle ergriffen werden, kann das Zenit-Licht ungehindert in die Halle einfallen und führt zu einer sehr guten Belichtung der angrenzenden Nutzflächen. Der Lichtverlust durch die äußeren Isoverglasungen (ESG-Isoglas) führt lediglich zu einer Verringerung der Tageslichteinfalls um 20%. Alle Büros sollen weitgehend natürlich belichtet werden; das Beleuchtungssystem dient lediglich der Tageslichtergänzung.

Nach überschlägiger Berechnung der Tageslichtquotientenverläufe sowohl für Büros nach außen zeigt sich, dass alle Büros annähernd gleichermaßen gut mit Außenlicht versorgt werden. Die Tageslichtergänzungsbeleuchtung sollte in indirekter und direkter Form so gestaltet werden, dass jeder Nutzer sein Lichtsystem nach eigenen Wünschen aufbauen kann (Zweikomponentenleuchten). Durch ein entsprechendes Lichtsystem kann eine spezifische Anschlussleistung von ca. 7 bis 8 W/m² Nutzfläche erreicht werden.



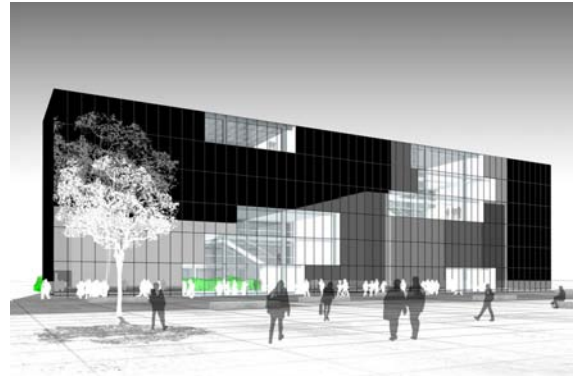
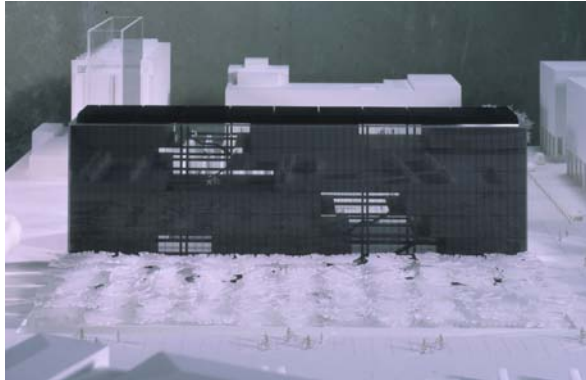
--- ohne Wind / thermische Durchlüftung
 — mit Wind / Thermik und Sogkräfte

Natürliche Durchlüftung

Der Hallenraum ist ein im wesentlichen natürlich belüfteter Aufenthaltsraum, der zu einem hohen Lichteinfall einerseits und zu hohen passiven Wärmegewinnen andererseits führt. Bei Windstille erfolgt eine thermische Durchlüftung durch das Öffnen vertikaler Glasflächen im unteren Hallenbereich bei gleichzeitigem Öffnen von Glasflächen im Dach.

7. Fassaden schwarz-weiß

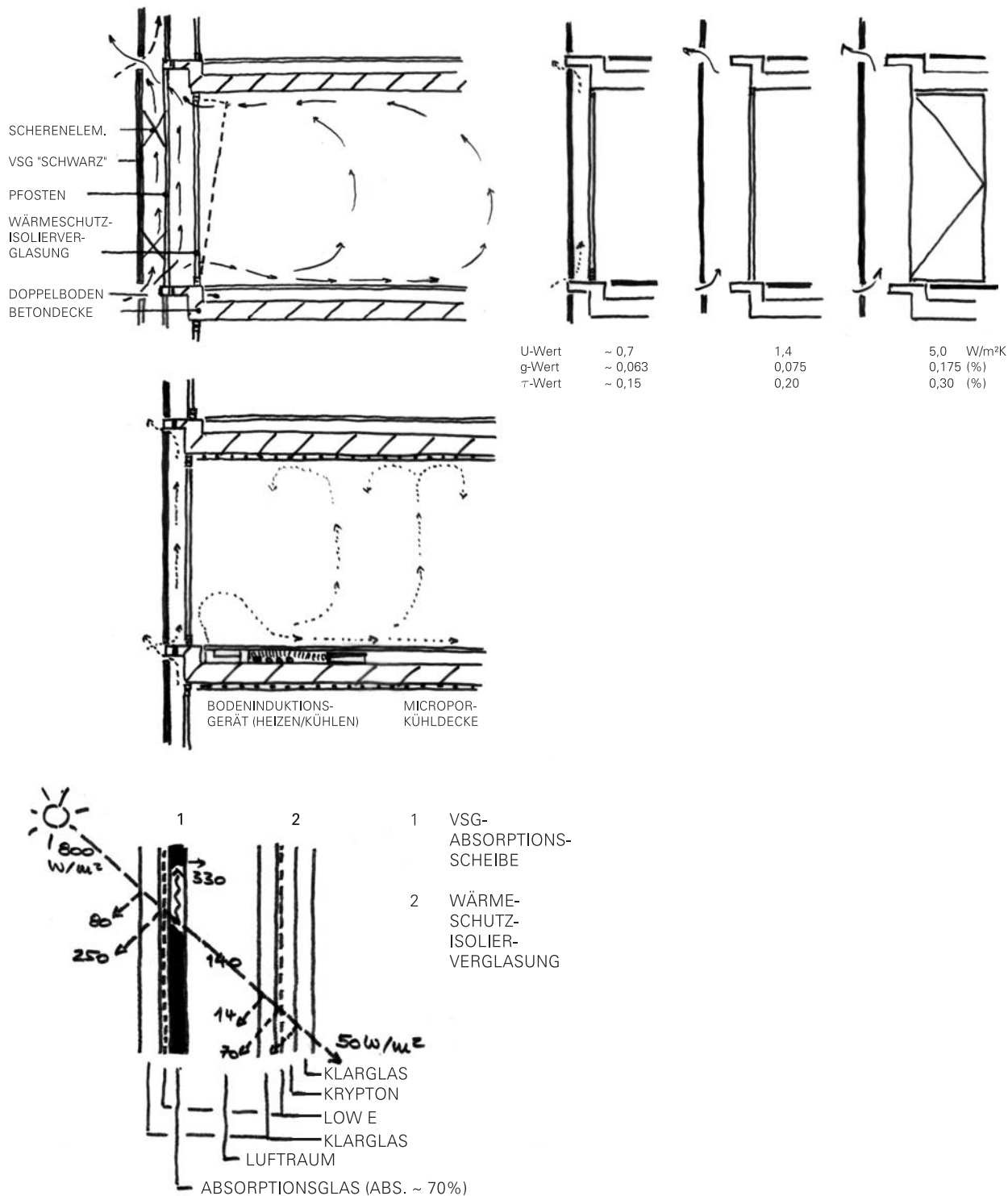
Der Architekt Dominique Perrault, Paris, hat für ein bekanntes Chemieunternehmen in Basel einen Verwaltungsbau konzipiert, der sich in seinen äußeren Hüllflächen z.T. transparent, z.T. teiltransparent (schwarze Fassadenteile) darstellt. Die Bildserie 16 zeigt die gestalterischen Absichten, wobei bei diesem Projekt der Auftraggeber darauf hingewiesen hat, dass sich das Gebäude im Wesentlichen aus den natürlichen Ressourcen bedienen soll.



Bildserie 16 Verwaltungsbau eines Chemieunternehmens, Basel

Das Problem einer schwarzen Fassade liegt einmal darin, dass sie nur einen geringen Tageslichteintrag zulässt und sich zudem im Sommer infolge Absorption in seiner Oberfläche erheblich aufheizt. Wie die Bildserie ausweist, ist der Energieeintrag im Sommer außerordentlich gering, es wird ein Gesamtenergiedurchlassgrad bei Ausstellen der gläsernen, schwarzen Strukturen von ca. 0,075 erreicht. Bei unerwünschter Wärmestrahlung in das Gebäude werden Fensterelemente gleichzeitig auch als Beschattungselemente vor die Fassade verschoben, so dass eine intensive Hinterlüftung folgt. Im Winter ist der Wärmeeintrag infolge Absorption und Strahlung erwünscht, d.h. die Fassade schließt sich dergestalt, dass die absorbierte Wärmeenergie passiv genutzt werden kann. Durch die doppelte Haut lassen sich sowohl die u-Werte

als auch die g-Werte deutlich verändern, d.h. die Fassade passt sich jahreszeitlich den Nutzeransprüchen in richtiger Weise an. Die von außen zugestrahlte Wärmeenergie wird entweder im Außenraum absorbiert und direkt abgeführt oder dem Raum zugeleitet. Der Aufbau einer entsprechenden Glasstruktur in teiltransparenter Form ist in Bildserie 17 skizzenhaft dargestellt.

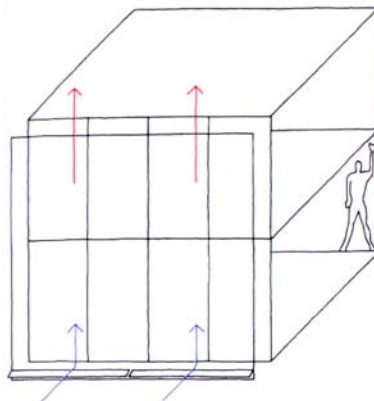


Bildserie 17 Aufbau einer Glasstruktur in teiltransparenter Form

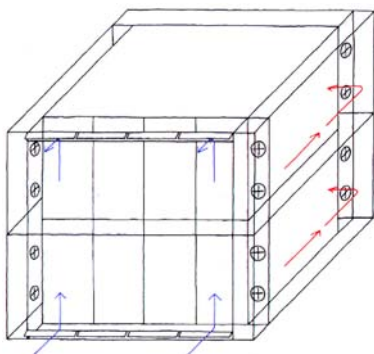
8. Glasfassaden - einschalig / zweischalig

Bei einer Vielzahl von Projekten, insbesondere bei der Entwicklung von Hochhausstrukturen oder bei Gebäuden an Standorten mit hohen Schallemissionen beginnt fast automatisch die Diskussion um den Einsatz doppelschaliger Fassaden. Doppelschalige Fassaden können annähernd gleichermaßen transparent sein wie einschalige Fassaden und besitzen Vorteile, die es zu nutzen gilt. Gleichwohl steht im Vergleich von doppelschaligen und einschaligen Fassaden der Investitionskostenaufwand und der Aufwand zum Betreiben zur Diskussion.

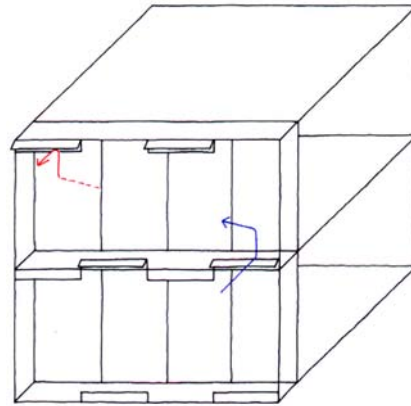
Doppelschalige Fassaden bieten sich im Regelfall nur dort an, wo es um Schallreduzierungen und Abbau von Winddrücken geht. Energetisch lassen sie sich im Regelfall nicht vertreten, da die Energiegewinne durch doppelschalige Fassaden (Betriebskostenreduzierung) in einem ungünstigen Verhältnis zu den Mehraufwendungen der Fassade stehen (Investitionskosten). Verschiedenste Formen von doppelschaligen Fassaden wurden in den letzten Jahren entwickelt und sind beispielhaft dargestellt (Bildserie 18).



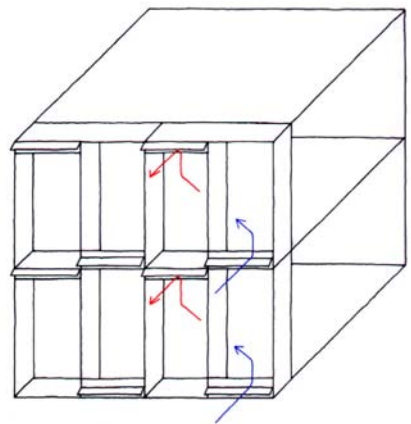
Verwaltungsgebäude
Deutscher Ring, Hamburg,
Architekten: BPHL



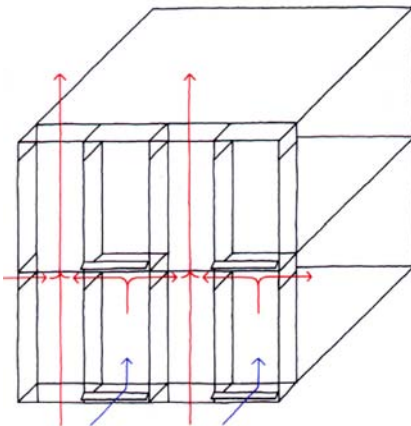
Verwaltungsgebäude
Götz Fassadehersteller,
Würzburg,
Architekten: Webler + Geissler



Stadttor, Düsseldorf,
Architekten: Petzinka, Pink
& Partner



RWE Tower, Essen,
Architekten: Ingenhoven,
Overdiek, Kahlen & Partner



Savings and Loan Tower,
Schwäbisch Hall,
Architekten: Henn Architekten
und Ingenieure

Bildserie 18 Beispielbauten mit doppelschaligen Fassaden

Abschließend dargestellt ist nochmals eine Entscheidungsmatrix (Bild 19) zu einer Doppelfassade bzw. Einfachfassade. Geht man von den Nutzeransprüchen in Bezug auf angepasste innere Oberflächentemperaturen der Fassade sowie das natürliche Betreiben des Gebäudes aus, so besitzen Doppelfassaden unbestreitbar ihren Reiz, obwohl sie selbstverständlich im Regelfall deutlich teurer sind als Einfachfassaden bei gleichen Ansprüchen.

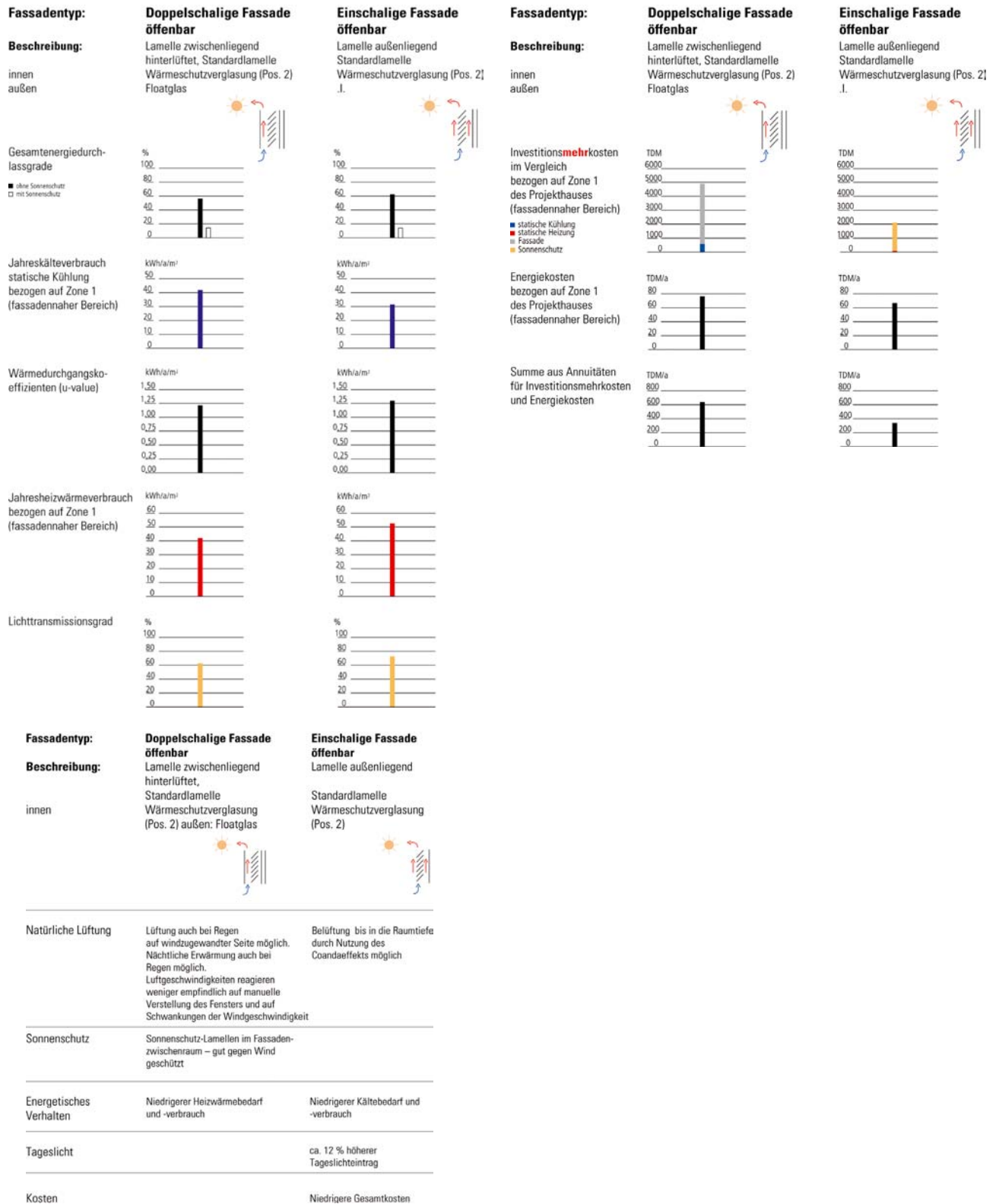


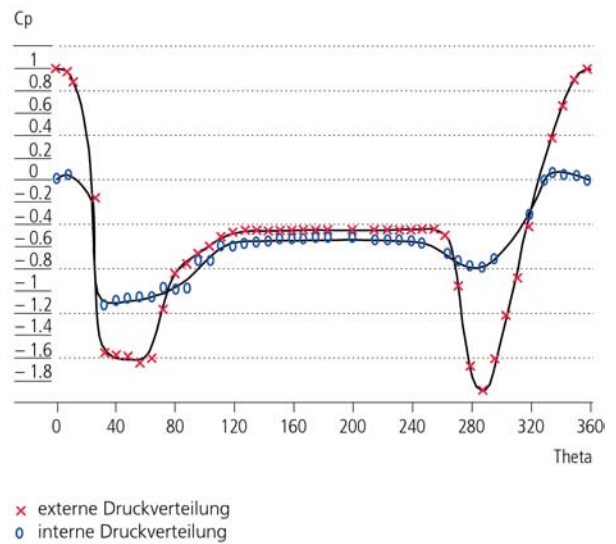
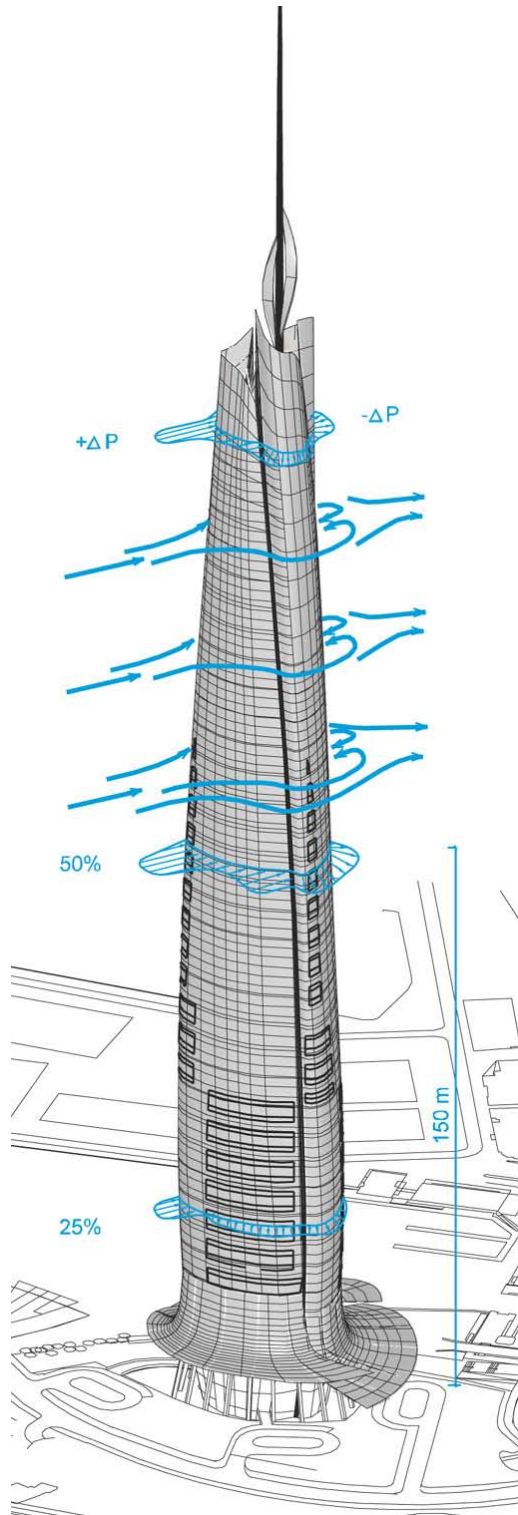
Bild 19 Entscheidungsmatrix zu einer Doppel- bzw. Einfachfassade

9. Glasfassaden Hochhaus

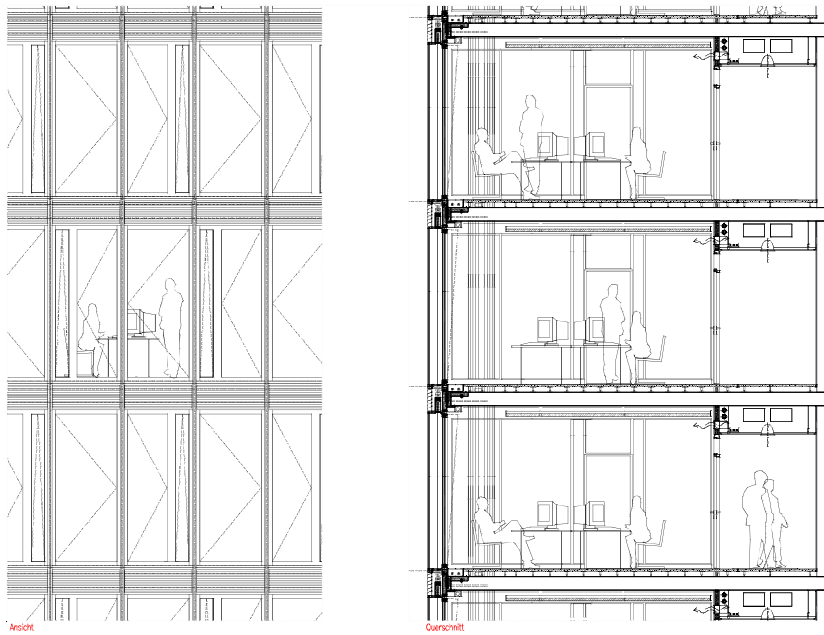
Beispielhaft für eine Gebäudestruktur mit einer doppelschaligen Fassade zur Reduzierung von Winddrücken dient ein Hochhaus in Rotterdam (Architekten Kohn Pedersen Fox, London). Bei diesem Gebäude werden sowohl Kastenfensterlösungen als auch kleine Wintergärten eingesetzt, um die z.T. hohen Winddrücke abzubauen und ein natürliches Belüften des Gebäudes zuzulassen. Gerade bei Hochhäusern kommt es sehr wesentlich darauf an, dass ein hohes Maß an Transparenz erreicht wird, um den Nutzern die Möglichkeit zu geben, sich an unteren Stadträumen zu orientieren. Die visuelle Behaglichkeit in einer Hochhausstruktur hängt sehr maßgeblich mit den Sichtbeziehungen zur Umgebung zusammen. Brüstungen oder Lochfassaden reduzieren die Sichtbeziehungen u.U. dergestalt, dass Sichtbeziehungen nach unten nicht mehr möglich sind und im Sichtfeld der Nutzer lediglich der Himmel erscheint. Dieser kann u.U. über Tage und Wochen grau und wolkeig sein, so dass erhebliche Unbehaglichkeitszustände eintreten. Bildserie 20 zeigt das geplante Objekt.



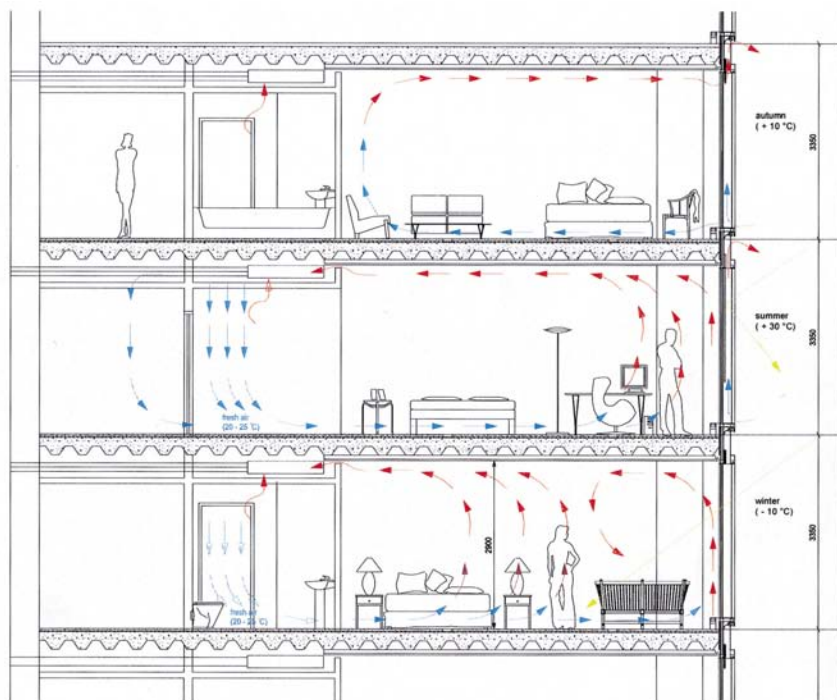
Bildserie 20 Parkhaven Tower, Rotterdam
Architekten: Kohn Pedersen Fox Associates



Externe und interne Druckverteilung am Gebäude



Doppelschalige Fassade in Form eines Kastenfenster



Luftzirkulation im Jahresverlauf (Wohnbereich)

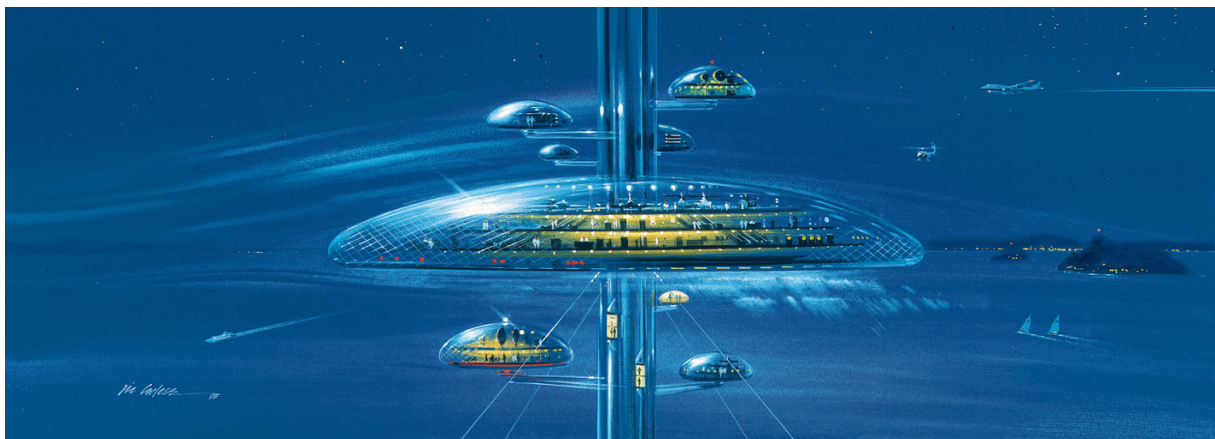
10. Gläserne Bubbles

Ein futuristisches Beispiel von Richard Horden, London, total gläserner und transparenter Strukturen zeigt ein Entwurfskonzept eines 1000 m Turms. Dieses futuristische Projekt wurde im Zuge eines Workshops an der ETH Zürich konzipiert und in einigen wesentlichen Punkten studiert (Bildserie 21).

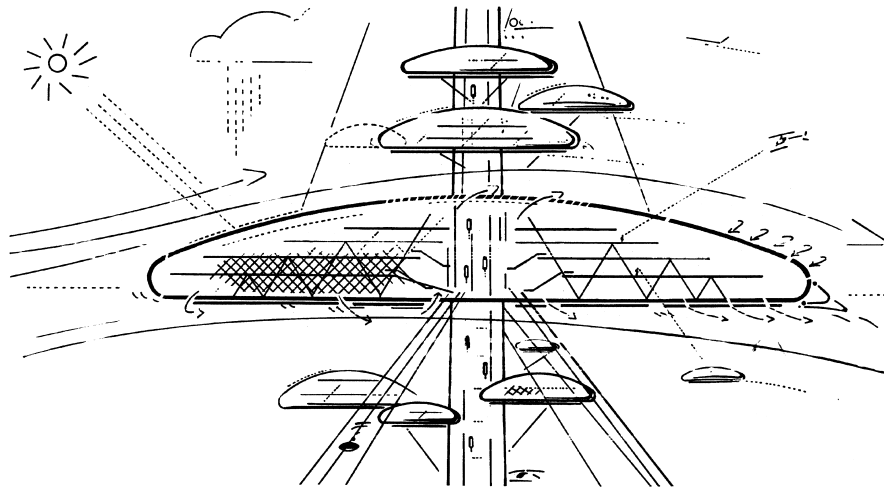
Das Projekt entwickelt sich in ähnlicher Form wie ein Baum, d.h. es besitzt einen Stamm mit Ästen, an denen große, gläserne "Blätter" hängen. Diese "Blätter" sind u.U. mehrgeschossige bauliche Strukturen, umhüllt von großen Glasflächen, die das natürliche Betreiben der einzelnen baulichen Strukturen unterstützen. Die gläsernen bubbles werden von Wind überströmt und erzeugen dabei infolge ihrer Form einen Auftrieb – die bubbles schweben leicht.

Die Glasstrukturen können z.T. mit Photovoltaikelementen belegt werden (ca. 85 % der Glasfläche), um ein hohes Maß an elektrischer Energie zu erzeugen. Die transparenten Glasteile lassen in die Gebäudestruktur Tageslicht eintreten.

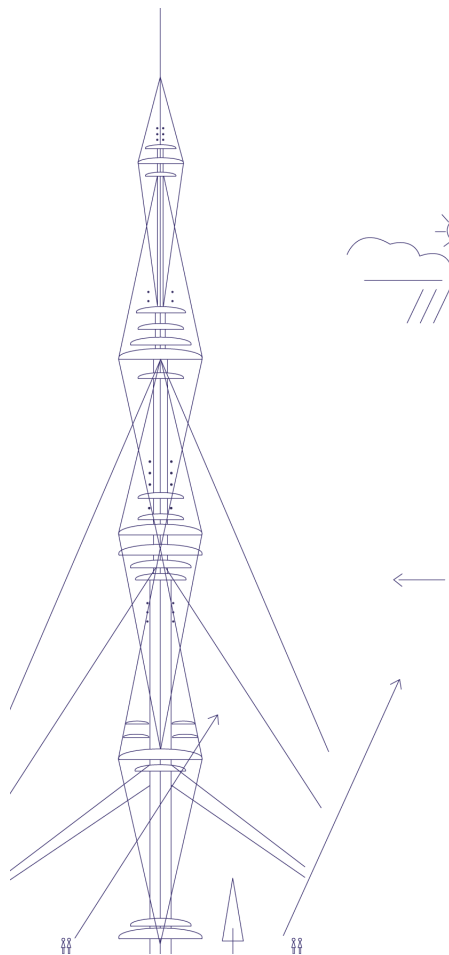
Über die Glasstrukturen kann auftreffendes Regenwasser abgefangen werden, das einer Regenwasserzisterne zugeführt wird, die je bubble in der Gebäudestruktur integriert ist. Über diese Regenwasserzisterne kann ein wesentlicher Teil des Wasserbedarfs bereitgestellt werden. Zudem können die Glasstrukturen in der Winterzeit auftreffende Solarenergie passiv zur Beheizung nutzen. Im Sommer und in der Übergangszeit, wenn es darum geht, die inneren Raumtemperaturen (Hallentemperaturen) zu regeln, wird die gesamte Bubblestruktur von unten nach oben natürlich durchlüftet, wobei hier neben Thermik wiederum aerophysikalische Effekte (Überdruck- und Unterdruckfelder) eine Rolle spielen.



Energiekonzept der „Baukörper“



Scheibenförmiger „Baukörper“



Light
Licht und Natur

Relevante Größen:

- Sonne
- Luftströmung
- Aerodynamik
- Schall
- Temperatur
- Druck
- Niederschlag
- Kondensation
- Durchlässigkeit
- Reflexion
- Aussicht
- Blendung
- Licht-Tag
- Licht-Nacht
- Licht-Farbe
- Licht-Schatten

Light
Leicht und Technik

Relevante Größen:

- Zugang und Sicherheit
- Wartung, Materialien
- Aktive und passive Strukturen
- Konstruktionsmethoden
- Gewichtsverteilung
- Beweglichkeit des Gebäudes
- Flüssigkeitssysteme
- Luft-, Gassystem
- Schall, Konvektion
- Elektrizität, Elektromagnetismus
- Kommunikation
- Anpassungsfähigkeit, Komfort
- Personenbeförderungssystem
- Materialtransport
- Abfall, Wiederverwendbarkeit
- Ver- und Entsorgung

Bildserie 21 Futuristisches Beispiel (Richard Horden, London)