



PASSIVHAUS-TECHNIK

Institut für Bauen und Nachhaltigkeit • Alte Neusser Landstraße 270 • 50769 Köln

Alte Neusser Landstraße 270
50769 Köln

☎ 0049-221-70909220

Fax 0049-221-70909221

Mobil: 0049-170-3440169

eMail: a.nordhoff@ibn-passivhaus.de

Steuer-Nr. 217/5210/0089

BLZ: 370 502 99

Kto.-Nr. 0159 002 506

BIC/Swift-Code: COKS DE 33

IBAN: DE44 3705 0299 0159 0025 06

21-09-2010

Krankenhäuser im Passivhaus-Standard

Vorwort

Passivhäuser, die es nunmehr seit über 15 Jahren gibt, definieren sich durch bestimmte Parameter, diese sind:

- | | |
|---|--------------------------|
| 1. maximaler Heizwärmeenergiebedarf | 15 kWh/m ² a |
| 2. maximaler jährlicher Primärenergiebedarf | 120 kWh/m ² a |
| 3. maximale Heizlast | 10 W/m ² |
| 4. maximaler Kühlenergiebedarf | 15 kWh/m ² a |
| 5. Wärmebereitstellungsgrad | > 75% |

Die hier genannten Werte sind die wesentlichen Kennzeichen und Eckdaten bei der Konstruktion und Auslegung von Passivhäusern, die jedoch in ihrem Ursprung aus dem Wohnungsbau herrühren.

Bei Krankenhäusern, die zu Nicht-Wohngebäuden gehören, zählen betriebsbedingt andere Parameter.

So sind folgende Punkte abweichend von den Wohnungsbauten:

1. **Höhere hygienische Anforderungen.** Demzufolge höhere Volumenströme und damit lüftungsbedingt höhere Wärmeverluste.
2. **Höhere interne Wärmelasten** durch verschiedenste medizinisch technische Geräte, wie z.B. Kernspintomographen, Röntgengeräte, Sterilisation, OPs, aber auch höhere haustechnische Geräte, wie z. B. Lüftungsanlagen, Großküche, Beleuchtung, Aufzüge.

Hierdurch bedingt ergeben sich besondere Anforderungen bei der Konzeption und Planung von Krankenhäusern.

Augenmerk ist hier auf ein optimiertes Energiedesign zu legen. Nach der Reduzierung des Stromverbrauchs aller Verbraucher auf den Passivhausstandard ist die Wahl des richtigen Versorgers zur Bereitstellung der Primärenergie weiterhin ein wichtiger Schritt zur Reduzierung.

Die Optimierung der technischen Geräte im Einzelnen und untereinander sowie die Berücksichtigung der anlagenspezifischen Kenndaten bei der architektonischen Planung setzen neue Planungsmaßstäbe. Gegenüber konservativer Planung werden zwar die Luftmengen reduziert, die Kanalquerschnitte erhöhen sich jedoch, da der maximal zulässige Druckverlust in einem Lüftungssystem extern 350 Pa nicht überschreiten darf. Die daraus folgenden sehr geringen Strömungsgeschwindigkeiten verringern die Antriebsleistungen der Ventilatoren auf minimale Werte, die unter 10 % der konservativen Planung liegen. Die Abwärme der Ventilatoren führt bei Passivhäusern auch nicht mehr zu einer Lufttemperaturerhöhung, die bei konservativer Planung Kühlanlagen forderte. Die Anlagenänderungen müssen im architektonischen Entwurf berücksichtigt und optimiert werden.

Erläuterung des Passivhauskonzeptes

Grundsätzlich ist die thermische Gebäudehülle im Passivhausstandard einfach zu errichten. U-Werte der Außenwand unter $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ sind sowohl als vorgefertigte Wandelemente als auch monolithisch einzuhalten. Wir empfehlen Außenwände, die 100 % recyclingfähig sind und eine sortenreine Trennung garantieren. Eine hohe Wasseraufnahmefähigkeit im Sommer, welche im Winter zur Raumluftbefeuchtung abgegeben werden kann, ist ebenfalls sinnvoll. (Näheres s. u.).

Durch die am Markt vorhandenen, sehr guten Fenster (U_w -Werte von $0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ Einbauzustand) sind bodentiefe Verglasungen möglich und ggf. sinnvoll (Heilung durch Ausblick). Kaltluftströmungen treten durch die hohen Oberflächentemperaturen im Winter nicht mehr auf, daher können Heizkörper unter den Fenstern entfallen.

Eine sommerliche Verschattung bietet den notwendigen Schutz vor Überhitzung. Lichtlenklamellen im oberen Bereich sorgen für ausreichend Tageslicht. Wir empfehlen Lichtlenklamellen, deren Oberfläche die Wärmestrahlung (Infrarotbereich) absorbiert, jedoch das sichtbare Licht reflektiert. Der Anteil künstlicher Beleuchtung wird signifikant reduziert.

Eine durchgehende Innenputzschicht sichert die hohen Anforderungen an Luftdichtheit. Die wirtschaftlichste Energieeinsparung ist in der Verbesserung der Luftdichtheit zu sehen. Der für Passivhäuser max. zulässige Wert von $n_{50} = 0,6 \text{ h}^{-1}$ sollte nicht das Ziel sein, vielmehr sollte ein Wert von $0,1 \text{ h}^{-1}$ angestrebt werden. Dieser hätte, neben einigen Tonnen CO_2 -Einsparung auch noch den Vorteil der Minimierung möglicher Bauschäden durch ggf. noch vorhandene Einzelleckagen. IBN empfiehlt einen Verantwortlichen für die Erzielung des Wertes 0,1 zu benennen. Um einen so guten Wert umsetzen zu können, sollte dieser über 100 eigenverantwortliche Messungen durchgeführt haben, zertifizierter Passivhausplaner sein, als Bauleiter gearbeitet haben, bereits selbst Abdichtungen bei Passivhäusern vorgenommen haben und vom Fachverband für Luftdichtheit im Bauwesen zertifiziert sein.

Die Betonindustrie hat z. Zt. Zulassungen für hoch wärmedämmenden Beton (dieser wird mit Glaskugeln als Zuschlagsstoffe versehen) beim DIBt beantragt. Hiermit wird es möglich sein, wie bereits seit Jahren in der Schweiz realisiert, eine monolithische Bodenplatte tragfähig zu gestalten. Falls das DIBt bis zur Ausführungsplanung die Genehmigung erteilt hat, so ist es sicherlich möglich, auf eine zusätzliche Wärmedämmung zu verzichten.

Energiedesign

Wärme

Biogas, welches durch örtliche Versorger angeboten wird, sollte als Primärenergieträger zur Versorgung eines Blockheizkraftwerks (BHKW) zur Wärme- und Stromerzeugung gewählt werden. Der Küche steht Biogas zum Kochen zur Verfügung.

Eine zentrale Dampferzeugung ist zu vermeiden, da diese sowohl von den Investkosten als auch von den Energiekosten unwirtschaftlich ist. Alternativen hierzu sind vorhanden.

Die BHKWs liefern Wärme auf einem Temperaturniveau, mit dem auch die Warmwasserbereitung abgedeckt werden kann. Zur Heizung empfehlen wir, in die Betondecken Rohrschlangen einzubringen, die die Grundwärme des Krankenhauses bereit stellen. Für die bedarfsorientierte, Temperaturregelung empfehlen wir Mini-Einzelraum-Lufterhitzer (s. Abb. 1). Diese beziehen ihr Heizwasser aus dem vorhandenen Heizungskreislauf und regeln mit einer Leistung von 400 W wirtschaftlich die individuelle Raumtemperatur.



Abbildung 1: Mini-Einzelraum-Lufterhitzer (Firma FiLu)

Lüftung

Um einen möglichst großen Heilerfolg in Krankenhäusern zu erzielen, ist der Hygiene oberstes Gebot zu gewähren.

Neben den wichtigen Normen und Gesetzen, wie der DIN 1946/Teil 4, der VDI 6022 als auch der VDI 6023, müssen selbstverständlich alle Vorschriften und Regelwerke des Krankenhausbauwesens eingehalten werden.

In konservativ geplanten Krankenhäusern sind deutlich zu hohe Luftwechselraten vorhanden, die bestenfalls eine Wärmerückgewinnung bis 60 % aufweisen. Das oberste Ziel der Lüftung ist es, den hygienisch notwendigen Mindestluftwechsel sicher zu stellen. Hierzu sind deutlich geringere Luftwechselraten möglich, die zudem mit sehr guter Wärmerückgewinnung (wir empfehlen über 85 %) einen erheblichen Teil des Heizwärmebedarfs einsparen können.

Die Luftfeuchtigkeit von 35 – 60 % ist in allen pflege- und heilintensiven Räumen zur Verfügung zu stellen.

Die aus der Vergangenheit herrührenden Befeuchtungssysteme waren entweder hygienisch sehr bedenklich (Düsenkammerbefeuchtung) oder energetisch nicht tragbar (Dampfbefeuchter).

Die Feuchte-Performanceplanung geht von den zwei Eckpfeilern des Energiedesigns

1. Vermeidung von Verlusten
2. Speicherung und Phasenverschiebung

aus. Verluste durch undichte Gebäudehüllen, überhöhte Luftmengen und Verzicht auf Feuchtrückgewinnung werden bei konsequenter Umsetzung vermieden. Die Nutzung des Gebäudes als Feuchtespeicher ist ein wesentlicher Beitrag einer guten Feuchte-Performance. Krankenhäuser sind am Ende des Sommers über 1000 Tonnen schwerer als am Ende des Winters, weil das Gebäude tausende von Litern Wasser vom Sommer speichert. Hinzu kommt die Nutzung der Feuchteabgabe von Personen, etc. (1000-3000 l/d), und insbesondere die Feuchteübertragung aus der Abluft in die Zuluft.

Diese Feuchteübertragung kann auch durch zwei verschiedene Systeme funktionieren:

1. Rotationswärmetauscher mit hygroskopischer Beschichtung.
2. Feuchteübertragung durch semipermeable Wärmetauscheroberflächen.

Zu 1. Rotationswärmetauscher sind in vielen Bereichen unkritisch einzusetzen, da moderne Lüftungsgeräte über eine Spülkammer verfügen, so dass keine Luftmoleküle von der Abluft in die Zuluft übertragen werden können. Zur Sicherheit können Aktivsauerstoffsysteme nachgeschaltet werden.

Zu 2. Die feuchteübertragenden Membrantauscher machen sich die unterschiedliche Molekülgröße von Luft- und Wassermolekülen zu Nutze. Die signifikant kleineren Wassermoleküle durchdringen die kleinen Poren der Wärmetauscher-Membranen, hingegen bleiben die größeren Luftmoleküle auf der Abluftseite.

Vorteile der Feuchteübertragung sind einerseits die bessere Genesung von bettlägerigen Patienten (hier ist ein erhöhter Austrocknungsgrad immer wieder festzustellen) sowie andererseits eine bessere Luft für die arbeitenden Pfleger und Ärzte. Als positiver „Nebeneffekt“ wirkt sich eine annähernd gleichbleibende Luftfeuchte positiv auf die Baukonstruktion aus. Rissbildung durch Schwinden und Deckeln wird minimiert.

Zudem wird die in der Feuchtigkeit enthaltene Energie im Haus gelassen (dieses ist vergleichbar mit dem Brennwertkessel, wo auch die Kondensationswärme zu einem ca. 10 bis 15 % höheren Wirkungsgrad führt).

Kühlung

Im Sommer kann man sich dieses Prinzip durch die sogenannte adiabatische Kühlung zu Nutze machen. Hierzu dient gespeichertes Regenwasser (alternativ Grundwasser), welches durch Verdunstung Wärme aufnimmt und so die Zuluft signifikant kühlen kann.

Die in die Decken eingebrachten Rohrschlangen, welche im Winter zur Heizung auf Niedertemperaturniveau dienen, können gleichzeitig im Sommer zur Einbringung der Kühlungsenergie dienen, welche ohne Kompressorkälteerzeugung aus dem vorhandenen Grundwasser gespeist werden kann. Bei der Kaufentscheidung Med-Tech-Geräte empfehlen wir Geräte zu wählen, welche mit einer Kühlmitteltemperatur von nur 12 °C auskommen. So kann auch hier auf Kompressorkälte verzichtet werden.

Die auf diese Art und Weise zu erbringenden Kühlleistungen von 50 bis 150 W/m² reichen in wesentlichen Teilen des Gebäudes aus.

Lokale Wärmelasten durch Medizintechnik, Sterilisatoren, oder auch Küchengeräte können über Wärmepumpen in die Bereiche gefördert werden, in denen Wärme abverlangt wird.

Zeitweise hohe Wärmelasten werden idealerweise durch PCM-Oberflächen gepuffert. PCM (= Phase Change Material) sind in die Putzoberflächen eingearbeitete Wachse, welche bei einer Temperatur von z. B. 24 °C flüssig werden und damit dem Raum Wärme entziehen. So wird beispielsweise tagsüber der Aufstellraum des Kernspintomographen gekühlt und nachts, bei Stillstand des Kernspintomographen, diese Wärme wieder abgegeben, so dass einerseits Kühlenergie tagsüber und andererseits Heizenergie nächtlich eingespart wird. PCM funktioniert völlig ohne Hilfsenergie.

Elektroversorgung

Die bekannte Problematik der Spitzenlast kann durch ein Lastmanagement minimiert werden. Zudem dient die Eigenstromerzeugung der BHKWs zur Deckung der Grundlast.

Durch kurzfristige Reduzierung des Luftvolumenstroms in den Patiententrakten bei Einschaltung hoher Stromverbraucher, wie Sterilisation, MRT, CT, etc. kann ein Teil der Stromspitze „gekappt“ werden. Auch können elektrische Speicher der Elektromobil-„Flotte“ und Notstromversorgung zur Lastspitzendeckung herangezogen werden.

Durch den Einsatz der gasbetriebenen Küche ist die Lastspitze vom Grundsatz her geringer.

Selbstverständlich werden die Passivhauskriterien der an die technische Gebäudeausrüstung gestellten Parameter erfüllt (maximale spezifische Leistung unter 0,45 Wh/m³, unter 350 Pa Gesamtdruck pro Lüftungsgerät, Hocheffizienzpumpen, etc.).

Besondere Verbraucher:

Beleuchtung: Die künstliche Beleuchtung wurde durch optimale Nutzung des Tagesslichtes auf ein Minimum reduziert (s. oben).

Fernseher: Flatscreens sind mit Leistungen von unter 20 Watt erhältlich. Auch kann durch Abschaltung der Verbrauch der Standbyleistung eingespart werden.

PCs: Thin Client bezeichnet die Methode, auf lokale Rechner am Arbeitsplatz zu verzichten. Externe Rechenzentren liefern die gesamte Rechenleistung, - so dass Serverräume (und deren Kühlung) durch eine Auslagerung entfallen. Übrig bleibt ein Thin Client mit einer lokalen Leistung von 10 bis 15 Watt pro Arbeitsplatz. Dem gegenüber standen früher Leistungen von 200 bis 300 Watt, welche naturgegeben auch Kühlleistungen forderten.

Energielabel

Aufzüge

Aus der VDI 4707 ist eine Energieklassifizierung ersichtlich. Zudem empfehlen wir:

- Kabinenbeleuchtung mit LED, da diese nur bei Fahrt anschaltbar ist und eine hohe Schaltlebensdauer bei gleichzeitig geringem Strombedarf aufweist.
- Seilzug-Aufzugstechnik. Diese ist so sparsam, dass auf einen Aufzugsmaschinenraum verzichtet werden kann, die Fahrzeugwand ist ausreichend.
- Nachts werden die Aufzüge in den s.g. Sleep-Modus gesetzt
- Die Türantriebe werden bei Stillstand „AUS“ geschaltet

Pumpen

Auf zentrale Heizungspumpen kann weitestgehend verzichtet werden, da eine ganz neue, im jeweiligen Zimmer positionierte 1 Watt-Minipumpe sich gradgenau immer die Wassermenge aus dem Heiznetz nimmt, die das zu beheizende Zimmer gerade benötigt. Bei z.B. 1000 Zimmern errechnen sich lediglich 1000 W = 1 kW für die gesamte Heizungswasserversorgung. Thermostatventile entfallen.

Photovoltaik

Die auf dem Gebäude installierte Photovoltaikanlage dient scheinbar nicht zur Deckung der Lastspitze, da üblicherweise nicht davon ausgegangen werden kann, dass immer dann, wenn die Lastspitze auftritt, auch die Sonne scheint.

Ein optimiertes Energiedesign hingegen sieht nach unserer Auffassung im Idealfall einen Betriebshof mit eigenen Elektrofahrzeugen vor, sowohl für Ärzte als auch für Wirtschaftsbetriebe.

Diese werden an das Netz angeschlossen und stehen somit als Stromspeicher in sonnenreichen Phasen und anschließend als Spitzenlastpuffer zur Verfügung. Die PV-Anlage sichert den Jahresstromverbrauch dieser Fahrzeuge und dient somit indirekt zur Reduzierung der Spitzenlast. So reduzieren diese Konzepte das bei den Versorgern immer stärker werdende Problem der Regelenergie einerseits, unter gleichzeitiger Berücksichtigung des verkehrsbedingten Energieverbrauches. Auch wird die Außenluftqualität, welche in unseren Augen ein Lebensmittel darstellt, durch Elektrofahrzeuge verbessert bei gleichzeitig signifikant geringerem Geräuschpegel.

Es kann davon ausgegangen werden, dass im Vergleich zu konservativ geplanten Krankenhäusern die Lastspitze um Faktor 10 geringer ist.

Durch die Auswahl von effizienten medizinisch technischen Geräten wird diese Spitze weiter reduziert.

Medizintechnik

Oben genannt wurde bereits der empfohlene Verzicht auf die traditionell geplante zentrale Dampferzeugung mittels Hochdruckdampfkesseln, von denen aufgrund der erforderlichen Redundanz ganzjährig immer zwei parallel betrieben werden müssen.

Die zentrale Dampferzeugung bringt jedoch vergleichsweise nur wenig Nutzen mit sich, da die Sterilisation in einem Jahr maximal 30 % der Zeit genutzt wird, jedoch für alle 8760 Stunden des Jahres mit hohem Energieverbrauch Dampf erzeugt werden muss.

Zur Sterilisation

Die drei alternativen Verfahren zur Dampfsterilisation sind VDV, Gas und Plasma. Sie haben alle ihre Berechtigung in ihren unterschiedlichen Einsatzgebieten.

Hierbei empfehlen wir eine ABC-Analyse des Sterilisationsgutes, um eine Optimierung der Kosten und des Energieverbrauchs der Zentralsterilisation zu gewährleisten.

In diesem Zusammenhang ist sehr zu empfehlen, Hochleistungsspülmaschinen vorzuschalten, die von sich aus bereits sterile Güter erzeugen (diese Maschinen ersetzen selbstverständlich nicht die medizinische Sterilisation, jedoch reduzieren sie den Sterilisationsaufwand signifikant).

Durch diese Methode kann der Energieverbrauch der Sterilisation um Faktor 10 gesenkt werden.

Batterietechnik

Es kann in einem Krankenhaus von einigen hundert Bleigel-Akkus ausgegangen werden, welche sehr hohe Stillstandsverluste mit sich bringen. Mehrere MWh jährlich lassen sich durch Hochleistungsakkus aus Zink- und Lithium-Ionen reduzieren.

Med-Tech-Energielabelling

Zurzeit existiert leider noch keine Geräteenergieklassifizierung. Hierzu ist eine detaillierte Einkaufsanalyse notwendig welche wir der Med-Tech empfehlen.

Wir möchten dazu auf die Ergebnisse der TU Berlin hinweisen, die von der Bundesregierung mit der Durchführung einer Studie zur Energieoptimierung von medizinisch technischen Geräten beauftragt wurde.

Materialien/DGNB

Bleigel-Akkus sind von Ihrer Umweltverträglichkeit eher als kritisch zu bewerten.

Linoleumböden können als sinnvollstes Material gewählt werden.

Wir empfehlen, Deckenplatten sowie besondere Oberflächen zur signifikanten Schadstoffreduzierung fotokatalytisch mit modifizierten Titandioxidkristallen zu versehen. Durch die Sonneneinstrahlung werden hierbei negativ geladene Elektronen frei, die wiederum positiv geladene „Löcher“ im Material hinterlassen. Ein Zustand, der nach einem Ausgleich strebt. Den finden die Elektronen durch die Luftfeuchtigkeit. Die überschüssige Energie des aufgeladenen Titandioxids spaltet die Wassermoleküle zu aktivem Sauerstoff. Dieser zersetzt organische Moleküle, Schimmelpilzsporen, Bakterien, Russpartikel, Fette sowie eine Vielzahl anderer Schadstoffe. Die chemischen Verbindungen der einzelnen Stoffe werden getrennt, die Substanzen zersetzen sich und lösen sich schließlich in Wasser und CO₂ auf.

Zusammenfassung

Unser empfohlenes Konzept macht sich das Prinzip des Passivhauses zu Nutze.

Da die thermischen Verluste somit auf ein wirtschaftliches Minimum gesenkt werden, kann durch die geschickte Verlagerung interner Wärmequellen zu internen Wärmesenken, der innerhäusige Bedarf gedeckt werden.

Die nachfolgenden Energieflussschemata (Abb. 3 und 4) dienen der Verdeutlichung der vorgenannten Beschreibungen.

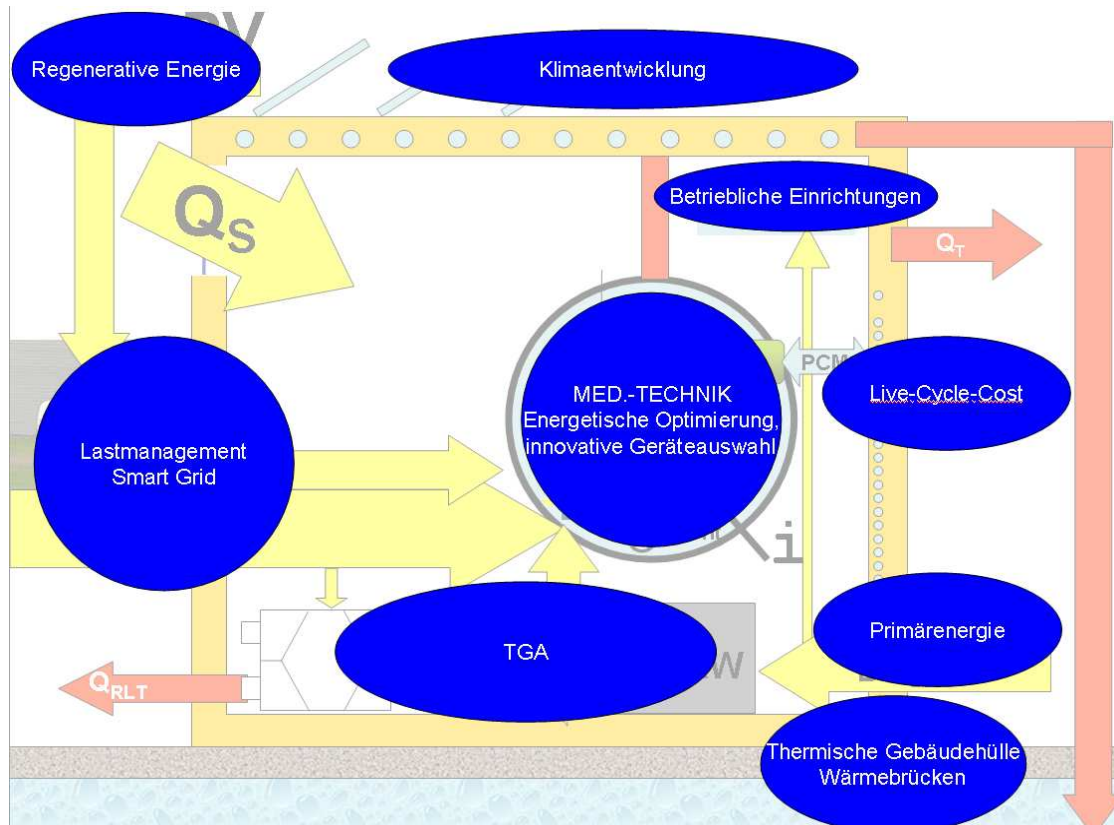


Abbildung 2: Optimierte Themenfelder

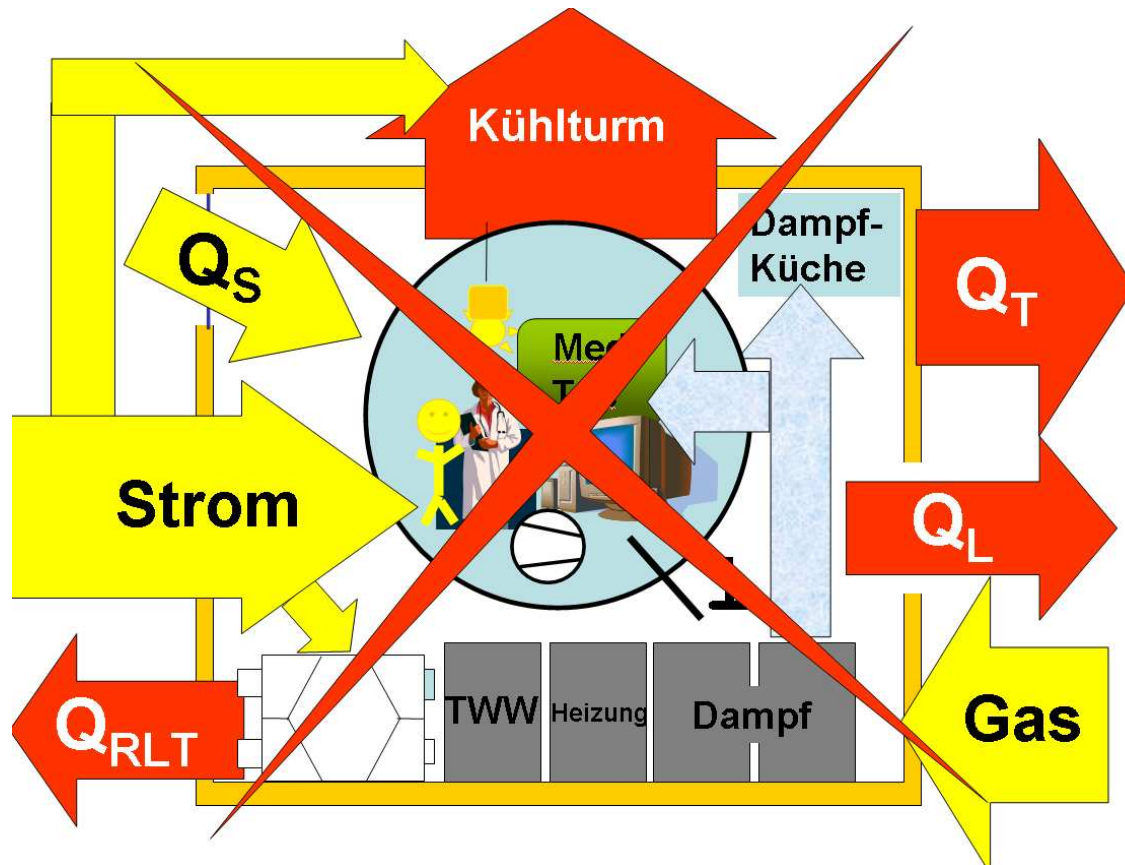


Abbildung 3: Energieflussschema eines konservativen Krankenhauses

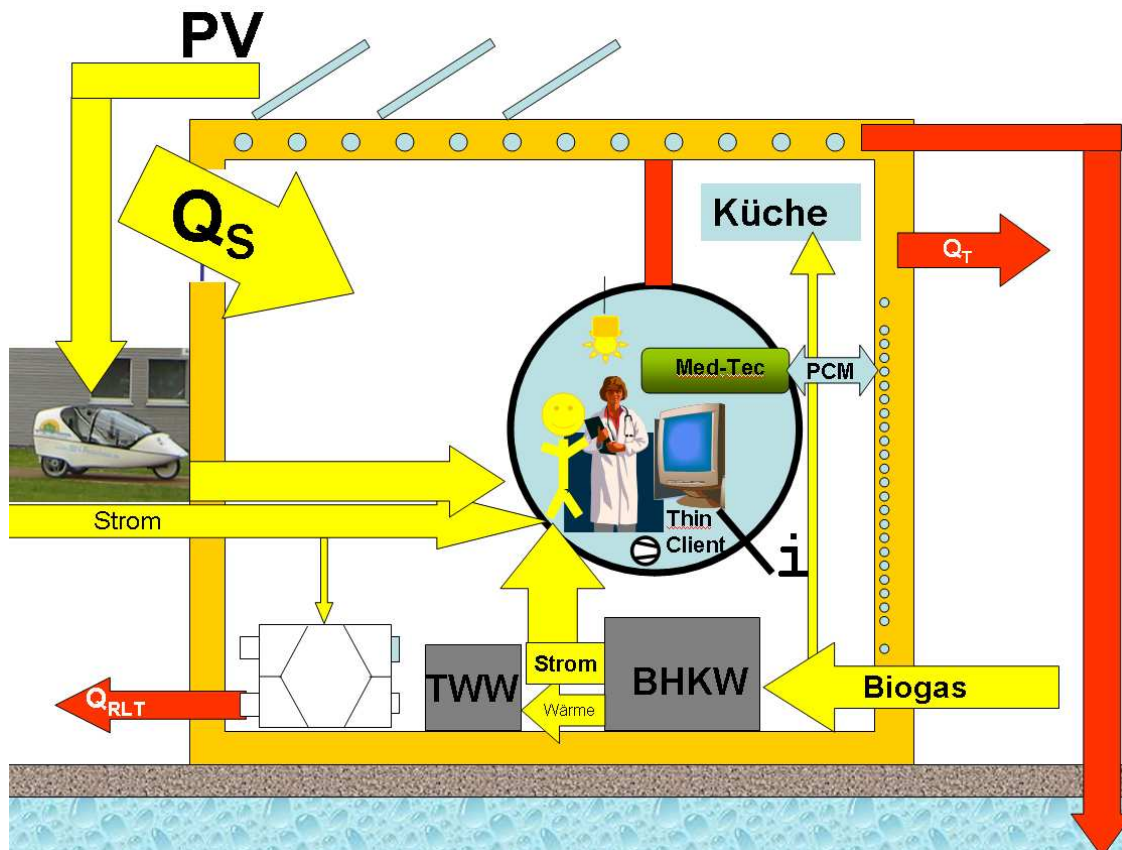


Abbildung 4: Energieflussschema des Passivhaus-Krankenhauses mit optimiertem Energiedesign