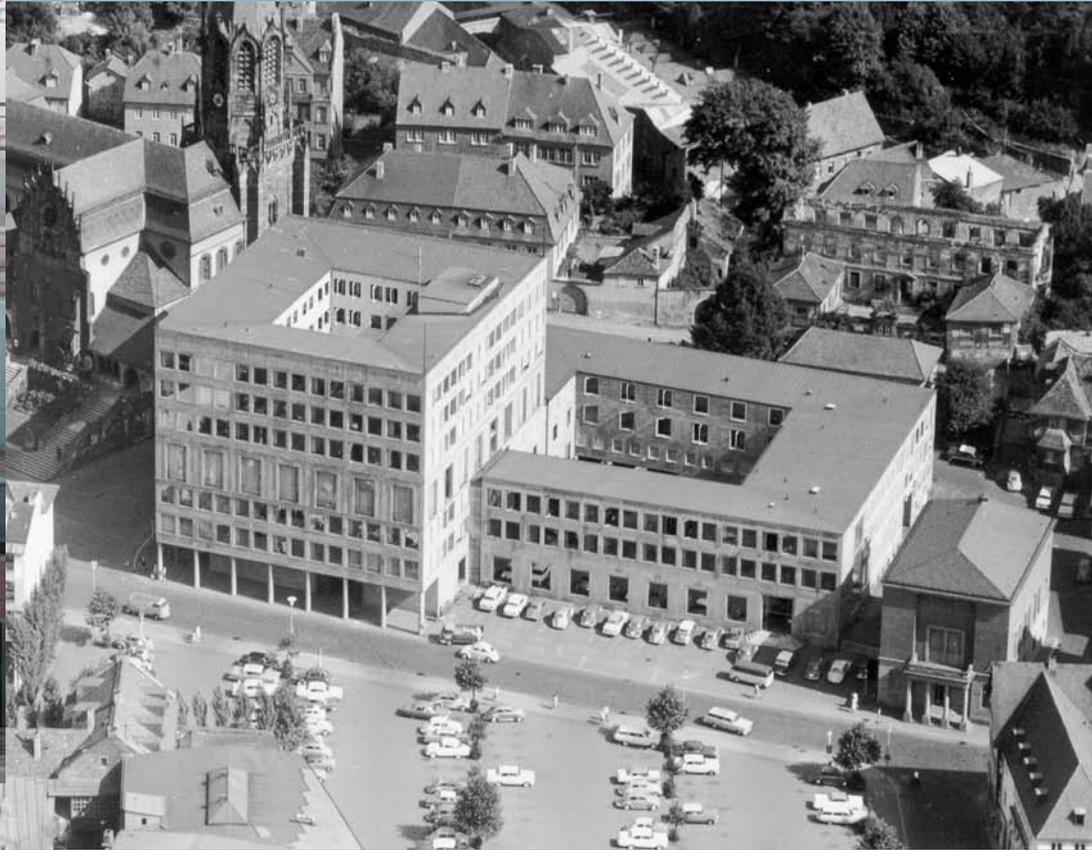


Ganzheitlich Sanieren

Rathaus Aschaffenburg

Modellhafte energieeffiziente Sanierungsplanung
eines denkmalgeschützten Gebäudes



Wir fördern Innovationen.



Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
A) Zusammenfassung	8
Ausgangslage, Ziele und Ergebnisse	
B) Ausgangslage	10
Historie, Städtebau, Bauweise, Nutzung, Gebäudezustand und –betrieb, Bildung einer Projektgruppe	
C) Ziele des integralen Sanierungsansatzes	18
D) Wege zur gesamtheitlichen Planung	20
Planungsmethodik	
E) Ergebnisse	30
Planungsmethodik, Sanierungskonzept, Erläuterung zum Energiekonzept, technischen Detailfragen, Umweltentlastung, Arbeitsplatzqualität, Wirtschaftlichkeit	
F) Zusammenfassung und Ausblick	70
G) Anhang	74
Glossar, Literaturverzeichnis, Quellen	



**Liebe Bürgerinnen und Bürger,
geehrtes Fachpublikum,**

die Stadt Aschaffenburg steht zu ihren selbstaufgelegten CO₂-Einsparzielen, zu ihrer Mitgliedschaft im Klimabündnis und zu ihren Nachhaltigkeitszielen im Rahmen der Aschaffener Agenda²¹.

Die Stadt Aschaffenburg ist eine Umwelt- und Kulturstadt. Somit stehen wir auch gerne in der Verantwortung für unsere sehenswerten Kulturdenkmäler wie z.B. unser Aschaffener Rathaus. Es steht unter Denkmalschutz, weil es eines der ältesten und am besten erhaltenen Bauwerke in moderner und großverglaster Bauweise der 50'er Jahre ist. Das Rathaus hat aber nach wie vor einen hohen Energieverbrauch.

Dank eines klugen Gesamtsanierungskonzeptes kann nun ohne Veränderung der denkmalgeschützten Fassade der Primärenergieverbrauch auf ein Viertel reduziert werden. Erste sanierte Abschnitte zeigen eine sehr harmonische Abstimmung von Innendämmung, innovativer Licht lenkender Verschattung, moderner Verwaltungseinrichtung und der Wahrung des Denkmalschutzes. Diese Anforderungen schienen ursprünglich wie die Quadratur des Kreises.

Es ist ein Konzept für die Bewahrung und zugleich Weiterentwicklung eines modernen Rathauses für unsere Bürger.

Unser Dank geht an den „Arbeitskreis Rathaussanierung“ mit den beteiligten Fachbüros, sowie an die „Deutsche Bundesstiftung Umwelt“ (DBU) für Projektbetreuung und Unterstützung.

Klaus Herzog
Oberbürgermeister

Begleitwort

Veränderungen der traditionellen Bauweise

Das traditionelle Bauen der Vergangenheit war von Region zu Region unterschiedlich geprägt und berücksichtigte jeweils die klimatischen Verhältnisse des Standortes.

Nach dem 2. Weltkrieg verdrängten kostengünstige Gas- und Ölimporte heimische Energieträger wie Kohle. Unterstützt durch neue konstruktive Möglichkeiten und die ständige Verfügbarkeit von Energie etablierten sich so im Zuge der Aufbruchstimmung und des Wirtschaftswunders neue Bautechniken. Traditionelle Bauweisen und das überlieferte Wissen zu Konstruktionen und deren Notwendigkeit gingen teilweise verloren. Es entstanden unter anderem „leichte“, transparent wirkende Gebäude. Dieser Übergang von Tradition zu Moderne wird durch das Rathaus Aschaffenburg, das 1958 fertig gestellt wurde, charakterisiert.

Veränderungen der Arbeitswelt

Neben den veränderten Bauweisen der Nachkriegszeit wirkt sich verstärkt der Wandel der Arbeitswelt aus:

Zur Erbauungszeit hatte ein Arbeitszimmer eine mechanische Schreibmaschine und eine einfache Lampe mit einer 60 W Glühbirne zur Beleuchtung. Heute ist der gleiche Arbeitsraum mit einer umfangreichen, elektrisch betriebenen Infrastruktur ausgestattet und wird intensiv beleuchtet.

Dies erfordert ein Vielfaches an Strom und ist verbunden mit einer zusätzlichen Aufheizung der Räume durch die elektrische Abwärme. Gegenüber 1960 bei ca. 200 W, liegt heute die interne Last bei ca. 800 W.

Zukünftige Anforderungen

Bei herkömmlichen Instandsetzungen werden lediglich verbrauchte Bauteile gegen neue Bauteile ausgetauscht und lösen damit nur ein Teil des Problems. Dabei werden oftmals veränderte Anforderungen an das Gebäude nicht ausreichend berücksichtigt. Seit der Erbauung des Rathauses hat sich durch Einzug der Datenverarbeitung z.B. der frühere Stromverbrauch von etwa 60.000kWh auf ca. 400.000 kWh pro Jahr vervielfacht. Damit verbunden sind erhöhte Wärmeeinträge und Kosten. Diese Kostensteigerungen nehmen allmählich zu.

Zurzeit sind sehr viele Anforderungen an Gebäude in Veränderung begriffen. So ist absehbar, dass in Zukunft der sommerliche

Wärmeschutz, CO₂-Emissionsreduzierungen, Verbesserungen der Arbeitsbedingungen sowie Reduzierung von Folgekosten verlangt werden. Ist es unter diesen Voraussetzungen sinnvoll, eine Sanierung so anzugehen, dass der jeweils geltende Mindeststandard erfüllt wird und nur den größten Notwendigkeiten gerecht zu werden? Lässt sich jeder Mangel und Mismatch durch einen Verweis auf den Denkmalcharakter begründen?

Neue Wege

Die Stadt Aschaffenburg hat sich entschieden gemeinsam mit der Deutschen Stiftung Umweltschutz (DBU) einen anderen Weg einzuschlagen: **Am Beispiel Rathaus Aschaffenburg wird aufgezeigt, wie durch ein neues Verständnis für das Gebäude, durch ganzheitliche Problemerkennung und umfassende Sanierungsplanung eine dauerhafte, kostengünstige und Folgekosten reduzierende Sanierungslösung gefunden wurde.**

Die Vorgehensweise der Bestandserfassung und Problemdefinition wird dargestellt, sowie die speziellen Abwägungsprozesse zur Lösungsfindung und die dabei verwendeten Hilfsmittel. Da teilweise neuartige Produktanwendungen eingesetzt werden, sind verschiedentlich Simulationen und Sonderberechnungen angewandt worden, wie z.B.

- im bauphysikalischen Bereich eine dynamische Berechnung des Kondensatanfalls
- die Teilberechnungen und grafische Darstellung von thermodynamischen Detaillösungen
- dynamische Folgekostenbetrachtungen
- Lebenszyklusbetrachtungen
- Emissionswertberechnung
- Berechnung der ersparten Unterhaltskosten durch Investition über 30 Jahre und Gegenrechnung der vergleichbaren Unterhaltskosten ohne Investition
- Berücksichtigung von bestehender Architektursprache und Denkmalschutzanforderungen

Durch eingesparte Betriebs- und Instandsetzungskosten werden die Zinsen und ein beträchtlicher Teil der Investitionskosten gedeckt.

Wesentlich ist dabei, dass eine Verlagerung aus dem Unterhaltshaushalt in den Investitionshaushalt stattfindet, der gleichzeitig einen Mehrwert im Immobilienbestand bildet.

Ziel einer Gesamtanierung muss sein, bis etwa 2050 keine Sanierung, auch keine aus Energieknappheit bedingte, durchführen zu müssen, weil heute nur der Mindeststandard umgesetzt wurde oder „Befreiungen“ in Anspruch genommen wurden.

Einem Gebäude unter „Bestandsschutz“ weiterhin einen hohen Energieverbrauch zu ermöglichen, mag bequem sein, ist aber in Anbetracht der Lebensdauer eines Gebäudes absolut falsch.

Es gibt keine Befreiung aus Zukunftszwängen!



Ausgangslage

- Zwingender Sanierungsbedarf
- Hoher Energieverbrauch und steigende Kosten
- ökologische Belastungen durch hohen Primärenergiebedarf
- schlechter Raumkomfort
- Denkmalwertigkeit und innerstädtische Lage

Ziel

- Nachhaltiges energetisches Sanierungskonzept zum Erhalt des Einzeldenkmals

Ergebnis

- Reduzierung der Energiekosten um ~ 70 %
- Reduzierung des Primärenergiebedarfes als Beitrag zum Klimaschutz um jährlich ~ 480.000 kg CO₂
- Verbesserte Nutzerbedingungen (keine Überhitzung)
- Erhalt des Einzeldenkmals unter nachhaltigen Aspekten möglich

A) Zusammenfassung

Ausgangslage:

Zwingender Sanierungsbedarf

Das Rathaus von Aschaffenburg wurde 1958 bezogen und wird seit nun beinahe 50 Jahren ohne größere Veränderungen intensiv durch die städtische Verwaltung genutzt. Das Baualter und Veränderungen in den Anforderungen erfordern seit längerem zwingend eine umfassende Sanierung von Bauwerk und Gebäudetechnik dieses denkmalgeschützten Gebäudekomplexes.

Hoher Energieverbrauch und steigende Kosten

Der Energieverbrauch an Erdgas und Strom für den Gebäudebetrieb ist enorm: Im Durchschnitt wurden in den vergange-

nen Jahren zwischen 2005 und 2007 über 360.000 kWh Strom und über 1.300.000 kWh Erdgas verbraucht. Die Energiekosten wachsen aufgrund steigender Rohstoffpreise und zunehmender Technisierung kontinuierlich an und erfordern überdurchschnittliche Aufwendungen aus dem Finanz-Haushalt.

Unzureichende klimatische Situationen für Nutzer

Der Nutzungskomfort ist im Sommer wie auch im Winter schlecht. Die dauerhaft hohen Innentemperaturen im Sommer sind den Nutzern und Besuchern bei zum Teil über 35° C nicht länger zuzumuten.

Es besteht ein hoher Reparaturbedarf (Dachabdichtung, Sandsteinfassade, Fensterkonstruktionen, Brandschutz etc.), der einer umgehenden Lösung bedarf.

Erschwerend kommt hinzu, dass das Rathaus sich in ständiger Nutzung befindet. Ersatzflächen für eine Auslagerung stehen nicht zur Verfügung.

Ziele

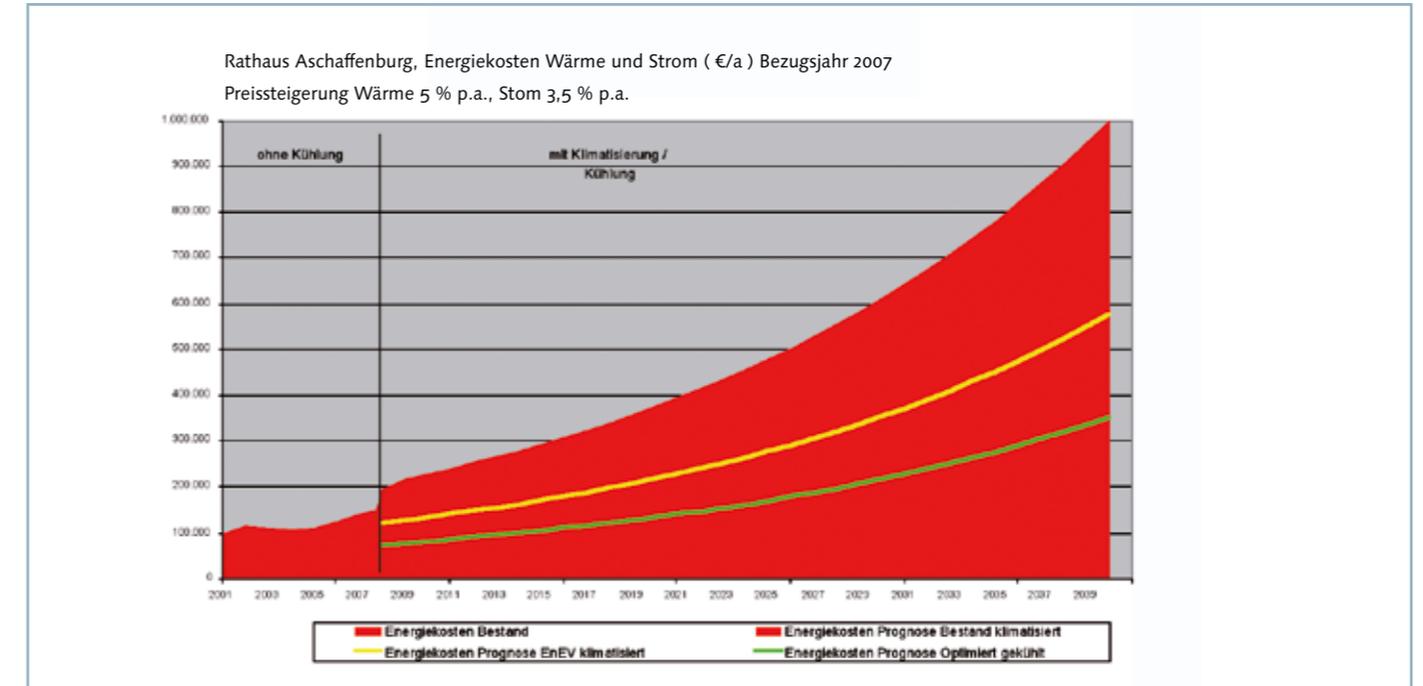
Ziel der Untersuchung war es, durch eine integrierte Planung, die die Bereiche Bauwerk, Gebäudetechnik und Energieeffizienz berücksichtigt, ein nachhaltiges Gesamtkonzept zum Erhalt des Einzeldenkmals zu entwickeln.

Ergebnisse

Durch die aufgezeigten Lösungsansätze ist eine nachhaltige Sanierung des denkmalgeschützten Rathauskomplexes möglich:

- Geringere Energiekosten entlasten den städtischen Haushalt und können zur Finanzierung der Sanierung beitragen. Die Energiekosten werden um mehr als 55 % reduziert.
- Ein höherer Nutzer-Komfort ist trotz Einsparungen an Energie möglich. Die Büroräume werden durch Temperierung und Verschattungsmaßnahmen vor Überhitzung geschützt.
- Der Primärenergiebedarf kann deutlich verringert werden. Dadurch wird die Umwelt entlastet und Zukunftsanforderungen des Klimaschutzes bereits heute Rechnung getragen. Jährlich werden zukünftig 330.000 kg CO₂ eingespart.

Jährliche Energiekosten



Durcheine konsequente Sanierung und deutliche Verringerung der Betriebskosten kann die Abhängigkeit von ständig steigenden Energiepreisen unterbunden werden.

Gesamtsanierung als Lösungsansatz

Eine umfassende Generalsanierung auf Grundlage einer ganzheitlichen, spartenübergreifenden Gesamtplanung bietet die Möglichkeit diese Probleme umfassend zu beheben: Sie schafft langfristig eine finanzielle Entlastung der Haushaltsituation durch niedrige Nachfolge- und Betriebskosten und bietet eine gute Wertsicherung der Gebäudesubstanz.

Langfristig kann ein großer Teil der Investitionskosten einer Sanierung durch Ersparnisse im Unterhaltshaushalt bzw. durch Zuschussmöglichkeiten, bedingt durch die Generalsanierung, gedeckt werden.

Neustart von Betriebs- und Unterhaltskosten auf niedrigstem Niveau

Der Gebäudebestand des Rathauses Aschaffenburg birgt ein weit verbreitetes Problem:

Der Verbrauch an Gas zur Beheizung ist unverhältnismäßig hoch, der Stromverbrauch steigt ständig weiter an. In Verbindung mit den deutlichen Kostensteigerungen auf dem Energiesektor entstehen hohe Betriebskosten, die den Handlungsspielraum der Kommunen für notwendige Investitionen immer weiter einengen. Deshalb sollte ein Sanierungsstandard mit möglichst niedrigen Unterhaltskosten als „Neustartebene“ erarbeitet werden.

Gebäudebeschreibung

Denkmalgeschütztes Rathaus, erbaut 1958,
innerstädtische Lage, stadtbildprägende Sandsteinfassade

Verwaltungskomplex mit einer Bruttogeschossfläche von über 8.760 qm
und einem Bruttorauminhalt von über 38.000 m³

Hoher Energieverbrauch an Erdgas und Strom
(Heizbedarf von ca. 1.300.000 kWh/a und Strombedarf von ca. 360.000 kWh/a)

Hohe Betriebskosten aufgrund steigender Energiepreise
bei unbefriedigendem Raumkomfort

Hoher Verbrauch an Primärenergie zum Gebäudebetrieb
mit nachteiligen ökologischen Konsequenzen für das globale Klima

Zwingender Sanierungsbedarf trotz hoher Reparatur- und Instandhaltungskosten
von im Durchschnitt etwa 200.000 € in den vergangenen Jahren

Projektgruppe sieht Notwendigkeit eines gesamtheitlichen Sanierungskonzeptes

B) Ausgangslage

Historie

*„Dalbergstraße 15, Rathaus, dreiteilige Bau-
gruppe, siebengeschossiger, würfelförmiger
Hauptbau mit glasüberdachter piazzetaarti-
ger Halle, dreigeschossiger Mitteltrakt mit
Innenhof, Sitzungssaalbau mit rekonstru-
iertem Säulenportikus von Emanuel Josef
d’Herigoyen (1790), 1956/58 von Diez Brandt“*

Quelle: Bayerische Denkmalliste

Der Entwurf für das Rathaus Aschaffenburg geht auf einen im Jahr 1948 ausgelobten, beschränkten Architektenwettbewerb zurück, aus dem der Architekt Diez Brandt als Sieger hervorging.

Der Gebäudekomplex wurde in der Zeit zwischen 1956 und 1958 nach dessen Plänen errichtet und stellt ein außergewöhnliches Verwaltungsgebäude der Nachkriegszeit dar.

Die zeitgemäße Bauweise mit moderner Formensprache nimmt traditionelle Bezüge auf und verfügt über eine reiche Gestaltung bis ins Detail.

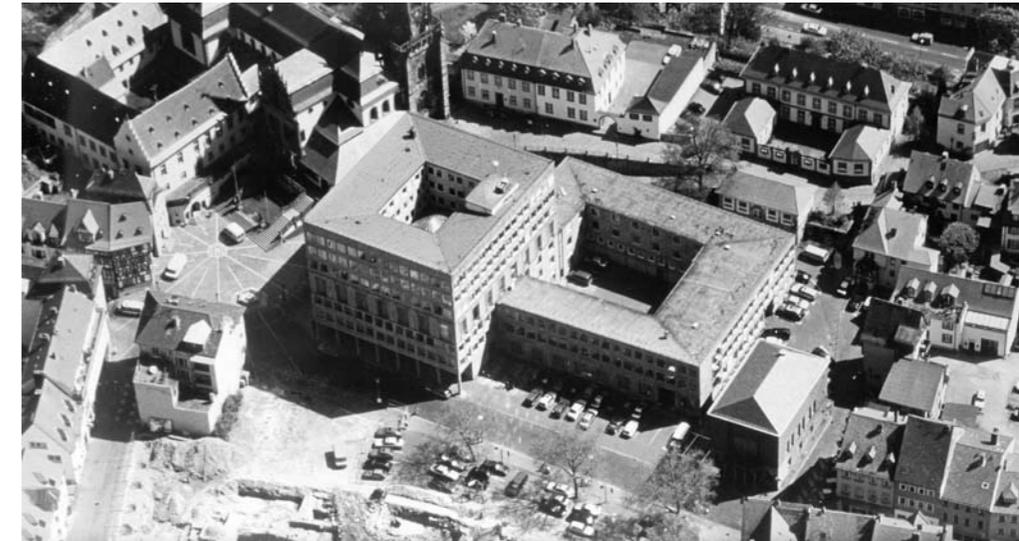
Als Beispiel der „konservativen Moderne“ wurde es daher im Jahre 1991 als eines der ersten Nachkriegsgebäude als Einzeldenkmal unter Schutz gestellt.

Seit der Erbauung wird das Gebäude als Rathaus der Stadt Aschaffenburg intensiv genutzt und stellt somit den Mittelpunkt der städtischen Verwaltung dar.

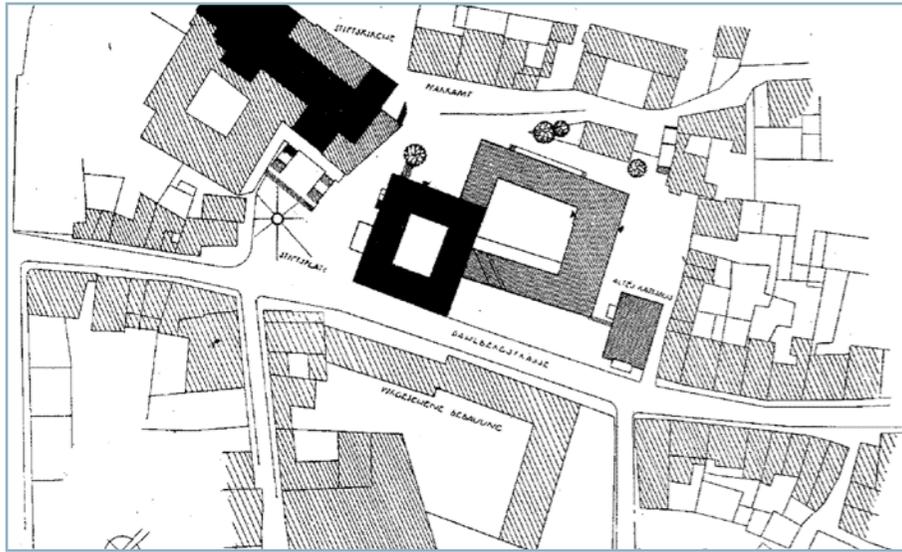
Eine Sanierung des Gebäudes ist seit Jahren überfällig und scheiterte bisher an der Durchführbarkeit und den Kosten. Da mittlerweile die Arbeitsbedingungen und der Sicherheitszustand des Gebäudes immer größere Mängel aufzeigen, ist eine Renovierung und Sanierung unumgänglich.



Modell des Entwurfes



Luftbild



Städtebau

Gelungene Verbindung aus Alt und Neu

Das städtische Rathaus ist markanter Bestandteil des Stadtbildes von Aschaffenburg und tritt selbstbewusst in Erscheinung. Es prägt durch seine charakteristische Fassadengestaltung aus rotem Sandstein die Oberstadt und ist weit in das Maintal wahrnehmbar.

„Ohne in Konkurrenz zur Stiftskirche zu treten, aber auch ohne historisierende Anbiederung habe es Brandi verstanden, die städtebauliche Situation zwischen dem Marktplatz im Norden, der Stiftskirche im Osten und der Kriegsrueine des historischen Rathauses im Westen eigenständig weiterzuentwickeln“. („Diez Brandi, Ein Göttinger Architekt zwischen Tradition und Moderne“)

Das äußere Erscheinungsbild wird durch die charakteristische Natursteinfassade aus stahlbandgesägten Sandsteinplatten in Verbindung mit den großen Fensterflächen bestimmt.

Im Innenraum sind noch eine Vielzahl von zeittypisch ausgestalteten Ausstattungselementen und Raumeindrücken, wie der Eingangsbereich mit handwerklichen Keramikfliesen, die Rathauhalle mit Lichtkuppel und repräsentativer Freitreppe bis hin zu umfangreichen Ausgestaltungen und Einbaumöbeln, erhalten geblieben.

Gerade diese hochwertige und erhaltenswerte Gestaltung erforderte ein besonderes Vorgehen, das vielen Zwängen und Anforderungen unterlag.

Eingangsportal



Astronomische Uhr



Bauweise

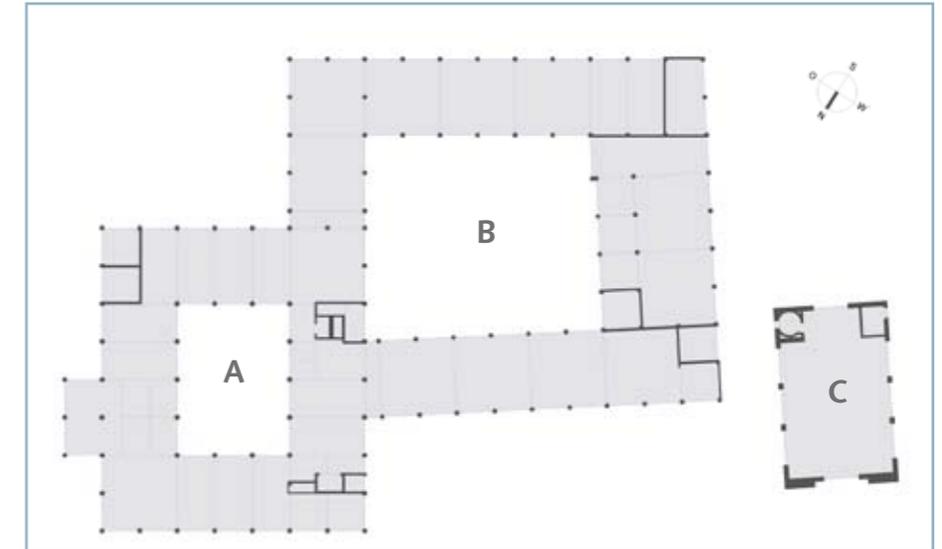
Der Rathauskomplex ist insgesamt drei Gebäudeteile untergliedert:

Der hohe Hauptbau (A) mit innerem Lichthof und der zurückgesetzte niedrigere Mitteltrakt (B) wirken nach außen sehr massiv, hinter der Sandsteinverkleidung verbirgt sich jedoch eine Stahlbeton-Skelettbauweise.

Auf einem Stützenraster von 4,0 m wurde das Tragskelett dieser beiden Gebäudeteile aus Stahlbeton errichtet, Wandelemente wurden mit damals neuartigen Gasbetonsteinen ausgemauert.

Die äußeren Wandflächen wurden durch Sandsteinplatten verkleidet, die mit 4 cm Abstand zur Tragkonstruktion vorgesetzt wurden. Die Platten selbst sind nahezu ohne Fugen direkt aufeinander angeordnet, so dass ein Hohlraum ohne Hinterlüftung entsteht. Diese Fassadenkonstruktion entsprach der zur Erbauungszeit üblichen Bauweise. Im Vergleich mit der traditionellen Bauweise früherer Jahrhunderte ist diese Konstruktion jedoch relativ leicht und hat eine geringere Speichermasse als die früheren, monolithischen Mauerwerksbauten.

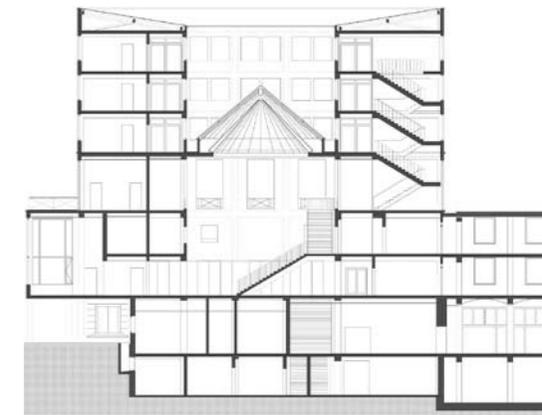
Das freigestellte Sitzungssaalgebäude (C) wurde als konventioneller Mauerwerksbau aus Ziegelsteinen, auf den Mauern des alten, klassizistischen Rathauses nach dem 2. Weltkrieg, wiedererrichtet. Es unterscheidet sich von den beiden zuerst



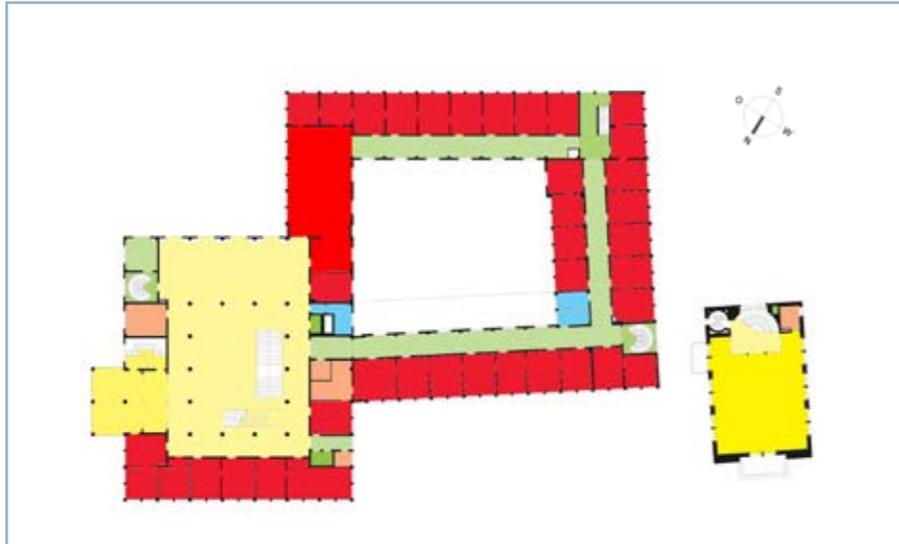
genannten Hauptgebäuden wesentlich und stellt einen vergleichsweise geringen Anteil an der Gesamtkubatur dar. Alle drei Gebäude weisen einen hohen Anteil an Verglasung auf, die zum Teil mehr als die Hälfte der Außenwandfläche einnimmt.

Diese große Verglasungsfläche in Verbindung mit der relativ kleinen Speichermasse beeinflusst in energetischer und klimatischer Hinsicht den Nutzungskomfort des Rathauskomplexes.

Das Außenklima wirkt sich sehr schnell auf den Innenraum aus. Insbesondere starke Überhitzungen im Sommer bestimmen den Nutzerkomfort, da bislang zu geringer Schutz vor Sonneneinstrahlung besteht.



Schnitt Hauptbau (A)



Nutzungsstruktur im 1. Obergeschoss:
Büroräume (rot), Erschließung (grün),
Sonderfunktionen (gelb)

Nutzung

Der Rathauskomplex besteht aus mehr als 300 Räumen und beherbergt einen Großteil der städtischen Verwaltung.

Hier werden vielfältige repräsentative und administrative Funktionen ausgeübt:

Hervorzuheben ist das 3. Obergeschoss, das als „Belle Etage“ für die repräsentativen Aufgaben des Bürgermeisteramtes besonders ausgestaltet wurde.

In der Bürgerhalle unter der Lichtkuppel finden unterschiedliche Veranstaltungen und Ausstellungen statt. Die amtlichen Trauungen werden im direkt angrenzenden, zweigeschossigen Trausaal vollzogen. Die zahlreichen Sitzungen des Stadtrates und der Ausschüsse werden im gesonderten Sitzungssaalgebäude abgehalten.

Neben diesen sehr repräsentativen und bis ins Detail ausgestalteten Räumen ist jedoch ein Großteil des Rathauses mit einfachen Bürostrukturen belegt:

Mehr als 80 % der Fläche sind einfache Zellenbüros, die von ein oder zwei Personen genutzt werden.

Das Rathaus ist die zentrale Anlaufstelle für die Aschaffener Bevölkerung. Diese Funktion wird durch die Modernisierung des Bürgerservicebüros (BSB) weiter gestärkt.

Gebäudezustand und

Gebäudebetrieb

Der Gebäudebestand entspricht in Material und Struktur noch dem bauzeitlichen Standard der 50er Jahre. Eine Vielzahl von Bauteilen, insbesondere Fenster, Jalousie und Sanitäre Anlagen aus dieser Zeit bedürfen dringend einer Erneuerung.

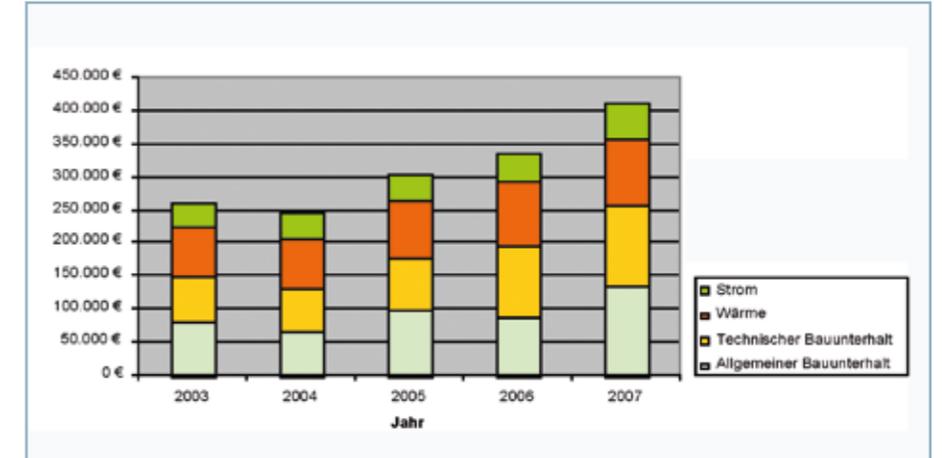
In den 70er Jahren wurden einzelne Teilbereiche (Fenster, Dachabdichtung) teilweise modernisiert. Diese sind nach nun über 30 Jahren mittlerweile auch erneuerungsbedürftig.

Ab Mitte der 90er Jahre wurde dann, um den Anforderungen einer zeitgemäßen Datenverwaltung gerecht zu werden, die Verwaltung auf elektronische Datenverarbeitung (EDV) umgestellt.

Im Laufe der Jahre wurden zudem 22 dezentrale Kühlgeräte installiert, um die am stärksten hitzebelasteten Zimmer (z.B. Serverräume, Trauzimmer, Büroräume im 6. Stockwerk unter dem Dach) zu kühlen.

Reparaturaufwendungen

Trotz jährlicher Instandhaltungskosten von 60.000 € bis 200.000 € (durchschnittlich 100.000 € zwischen 1998 und 2004) konnten aufgrund des aufgelaufenen Sanierungsbedarfes nur die notwendigsten Probleme in Angriff genommen, aber nicht zufrieden stellend gelöst werden.



Laufende Kosten

Energieverbrauchsdaten

Die Gebäudebeheizung wird zurzeit durch zwei erdgasbetriebene Kessel bei einer Leistung von 1.800 kW sichergestellt. Seit 2001 wird die Anlage durch die Aschaffener Versorgungs-GmbH (AVG) betrieben. Der jährliche Durchschnittsverbrauch an Wärme liegt im Moment bei ca. 1.390.000 kWh (2001-2007). Die Kosten für gelieferte Wärmeenergie beliefen sich im Jahr 2007 auf 100.800 €.

Der Strombedarf hat sich innerhalb von 10 Jahren weit mehr als verdoppelt und lag 2007 bereits über 396.000 kWh Strom. Dieser starke Anstieg ist auf die Umstellung der Verwaltung auf elektronische Datenverarbeitung (EDV) und auf eine teilweise Klimatisierung von Büroräumen zurückzuführen. Im Verbund mit anderen

öffentlichen Liegenschaften entstanden 2007 bei einem günstigen Bezugspreis von ca. 13 ct / kWh Kosten in Höhe von 52.300 € für elektrischen Strom.

Bildung der Projektgruppe

Seit 1978 bestanden immer wieder Ansätze zu einer Rathaussanierung. Diese scheiterten jedoch jeweils an zu hohen Kosten bzw. der Komplexität des Projektes.

Im Mai 2002 rief Oberbürgermeister Klaus Herzog eine Projektgruppe zur Modernisierung des Rathausgebäudes ins Leben. Diese städtische Arbeitsgruppe unter Leitung des Amtes für Hochbau und Gebäudewirtschaft war interdisziplinär besetzt. Vertreten waren unter anderem Mitarbeiter aus den Bereichen Denkmalpflege, Kämmerei und Umweltschutz. Ziel der Projektarbeit war es, den Handlungsbedarf für eine Rathaussanierung zu ermitteln und Lösungswege aufzuzeigen.

Erstes Energiegutachten

Durch das Umweltamt der Stadt Aschaffenburg wurde 2001/2002 eine Energieberatung für das Rathaus der Stadt Aschaffenburg in Auftrag gegeben.

Diese gesonderte Untersuchung befasst sich im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben (Wärmeschutzverordnung 1995) überwiegend mit dem winterlichen Bedarf zur Gebäudebeheizung und zeigte erste Wege zur Verringerung des Energieverbrauches auf.

Schnell wurde ersichtlich, dass Sinn und Umfang dieser Maßnahmen (Fassadendämmung und bessere Fensterkonstruktionen) immer nur in Verbindung mit dem Erhaltungszustand der denkmalgeschützten Sandsteinfassade bewertet werden können.

Ein Energiegutachten alleine kann das Problem einer Generalsanierung nicht erfassen.

Ergebnisse der Projektgruppe

Aus diesem Grund wurde durch Oberbürgermeister Herzog die Projektgruppe „Modernisierung des Rathauses und Sitzungssaalgebäudes“ initiiert, die auf Grundlage eigener Untersuchungen und gesonderter Gutsachten einen Überblick über den Gebäudebestand erarbeitete.



In diesen Prozess waren unter anderen folgende Fachbehörden der Verwaltung eingebunden:

- Amt für Hochbau und Gebäudewirtschaft
- Bauaufsichtsamt und Untere Denkmalschutzbehörde
- Stadtkämmerei
- Umwelt- und Ordnungsamt
- Sozialamt und Senioren- und Behindertenbeauftragte
- Amt für zentrale Dienste

Projektgruppe der Stadtverwaltung Aschaffenburg

Die straff geführte Projektgruppe konnte nach einem Jahr die wesentlichen Anforderungen aller Bereiche zusammenfassen und im Stadtrat vorstellen. Der notwendige Handlungsbedarf stellt sich als sehr umfangreich dar und umfasst ein breites Aufgabenspektrum. Für die Teilbereiche Denkmalschutz, Barrierefreiheit und Sanitärkomfort konnte im Rahmen der Projektarbeit konkrete Lösungsvorschläge ausgearbeitet werden.

Die Sanierung der Fassade und insbesondere der Fenster wurde aufgrund der vorhandenen baulichen Schäden als vorrangig eingestuft und sollte aus bauphysikalischen Gründen grundlegend und umfassend angegangen werden.

Statisches Gutachten zur Fassade

Aufgrund des zentralen Problems der Fassadendämmung wurde daher ein statisches Gutachten zur Untersuchung der Standsicherheit und Dauerhaftigkeit der Fassadenkonstruktion im Februar 2003 in Auftrag gegeben. Die Vermessungen der Fassade und Bewertung des Tragverhaltens vor Ort wurden durch Materialuntersuchungen an verschiedenen Rundstahlan kern (durch Messung der Zinkschichtdicke) ergänzt.

Das Gutachten zeigt auf, dass eine ausreichende Restlebensdauer der Sandsteinfassade besteht. Für eine Erneuerung der Fassade besteht somit kein akuter Handlungsbedarf. Das bedeutet die Sandsteinplatten können ohne größeren Eingriffe erhalten bleiben. Bei einer Ersatzkonstruk-

tion hingegen würde die bekannte Erscheinung wesentlich verändert werden: Bei einer Neuerrichtung der Sandsteinfassade könnten die vorhandenen Platten nicht beschädigungsfrei ausgebaut werden. Die vorhandenen stahlbandgesägten Sandsteinplatten würden entfallen oder aufwendig nachgebildet werden. Das charakteristisch knappe Fugenbild könnte ebenfalls nicht beibehalten werden. Selbst unter hohem Aufwand würde dann die Fassade von außen nur minimal gedämmt werden können (z.B. mit 2cm PUR-Dämmung), ohne das Erscheinungsbild gravierend zu verändern.

Nutzungskomfort

Die unzureichenden Arbeitsplatzbedingungen sind ein wesentlich Missstand, der durch die Projektarbeit dokumentiert wurde: In den Büroräumen werden im Sommer oftmals bereits ab 8 Uhr 26° C und ab 12 Uhr 35° C überschritten. Das ist für das Personal belastend und wirkt sich leistungsmindernd aus. Die vereinzelt installierten Klimageräte dienen im wesentlichen dem Funktionserhalt technischer Einrichtungen (z.B. Server), können aber nicht zur Verbesserung der allgemeinen Arbeitsbedingungen beitragen.

Notwendigkeit eines Gesamtkonzeptes

Abschließend kam die Projektgruppe „Modernisierung des Rathauses und Sitzungssaalgebäudes“ im Jahr 2004 zu folgendem Ergebnis: Es ist notwendig, ein Gesamtkonzept zu erarbeiten, das alle Mängel

und Missstände erfasst, aufeinander abgestimmte Lösungen aufzeigt und die Wünsche und Bedürfnisse der Nutzer berücksichtigt.

Ein energie- und gebäudeklimatisches Konzept in direkter Abstimmung mit einem Gesamtsanierungskonzept sollte unter Einbeziehung aller Bauteile und insbesondere der Fassade erstellt werden.

Nachhaltiges Sanierungskonzept durch integrale Planung

Allgemein wird als Aspekt einer nachhaltigen Planung die Berücksichtigung ökologischer, ökonomischer, sozialer sowie kultureller Schutzziele gesehen. Für die konkrete Aufgabenstellung wurden folgende Ziele definiert:

- Reduzierung des Primärenergiebedarfes (als ökologisches Schutzziel)
- Verringerung der Energiekosten (als ökonomisches Schutzziel)
- Verbesserung des Nutzerkomfort und –sicherheit (als soziales Schutzziel)
- Erhalt des Einzeldenkmals in seiner charakteristischen Fassendgestaltung (als kulturelles Schutzziel)

Dabei werden in die Entwicklung eines Gesamtkonzeptes Erkenntnisse aus den Bereichen Fassade Bauwerk Gebäudetechnik, Energieeffizienz integriert (Bestandteile der integralen Planung)

C) Ziele des integralen

Sanierungsansatzes

Das selbst gesteckte Ziel der Bauherrschaft und der Planer war im Fall des Rathauses Aschaffenburg, ein ganzheitliches Sanierungskonzept zu entwickeln.

Als wesentliche Aspekte einer nachhaltigen Planung sollten ökologische, ökonomische, soziale sowie kultureller Schutzziele Berücksichtigung finden.

Dabei sollten auf Grundlage einer umfassenden Bestandsuntersuchung die Ursachen für Mängel und der Missstände ermittelt und eine vernetzte, auf das Gebäude abgestimmte Gesamtlösung erarbeitet werden.

Aufgrund der im Vorfeld erlangten Erkenntnisse sollte in Hinblick auf die denkmalgeschützten Sandsteinfassade vorrangig die Themenbereiche Denkmalschutz, Baukonstruktion, technische Gebäudeausstattung und Energieeffizienz in die Konzeption integriert werden.

Förderanfrage an DBU

Diese Anforderungen gingen über eine konventionelle Betrachtungsweise sowie Planung hinaus und erforderten ein innovatives Vorgehen bei der Problemerkundung und -lösung.

Um die Umsetzung dieser Vorgehensweise sicherzustellen, wandte sich die Stadt



Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Aschaffenburg daher im Jahr 2004 im Rahmen einer Förderanfrage an die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU).

Diese Thematik wurde durch die DBU als wertvoller Beitrag zu den stiftungseigenen Förderzielen eingestuft:

Trotz der individuellen Gegebenheiten am Rathaus Aschaffenburg bestehen vergleichbare Aufgabenstellungen, z.B. bei innerstädtischer Grenzbebauung oder im Denkmalschutzbereich, deutschlandweit, so dass anhand dieser Untersuchung Erkenntnisse übertragen und an anderer Stelle wieder Verwendung finden können. Im Dezember 2004 wurde daher eine Förderzusage für eine „Modellhafte Sanierungsplanung zur denkmalgeschützten 50er-Jahre-Fassade des Rathauses Aschaffenburg“ erteilt.

Energieeffiziente Sanierung

Energetische Sanierung eines Denkmals – ein grundlegender Zielkonflikt?

Allgemein betrachtet wird beim Bauen im Bestand die Wahrung des Denkmalschutzes oft als Widerspruch zu einer energetischen Optimierung gesehen.

Ziel der Sanierungsplanung war jedoch aufzuzeigen, dass auch unter Denkmalschutzaspekten eine deutliche Verbesserung der energetischen Situation möglich ist. Im Dialog können oftmals einvernehmliche Lösungen gefunden werden. Im Dialog können zwischen Ökonomie, Ökologie und Komfort oftmals einvernehmliche Lösungen mit dem Denkmalschutz und sonstigen baulichen und rechtlichen Erfordernissen gefunden werden.

Modernisierung vom Verwaltungsgebäude vergangener Jahrzehnte zum zukunftsfähigen Dienstleistungsgebäude

Nachhaltige Gesamtlösung statt Denken in Einzellösungen. Nicht wahllose Einzellösungen wie jetzt Fensteraustausch bei Standard-Dämmwert, Fassade später bei komplettem Substanzverlust und unbefriedigendem Ergebnis in einigen Jahren oder gar nicht, Gebäudetechnik sukzessive; stattdessen heute ein Gesamtkonzept, das alle Bedürfnisse erfasst und berücksichtigt; ebenso ökonomisch und ökologisch sinnvoll bei Mehrkomfort für Nutzer! Heiz-Kühlsystem ohne Abstimmung auf Temperierungsflächen.

Sanierungsgedanken – ein Exkurs

Sanieren heißt eigentlich „heilen“.

Um eine „Heilungsstrategie“ zu entwickeln, muss zunächst eine Diagnose gestellt werden. Dafür bedarf es genauerer Untersuchungen. Bei älteren Bestandsgebäuden existieren oftmals keine ausreichenden Datenblätter, differenzierte Verbrauchswerte, stimmige Pläne oder Detailzeichnungen. Diese Daten müssen zwingend ermittelt werden, genaue Bestandswerkpläne müssen erarbeitet werden.

Bei Neubauplanungen ist eine Vergütung gemäß der HOAI anzuwenden.. Ein pauschaler Aufschlag auf diese Vergütung bei Sanierungsaufgaben ist für komplexe Vorhaben jedoch oft hinderlich, da die Grundlagenermittlung einer Sanierung nicht näher erläutert wird. Die Einführung einer auf Sanierungsmaßnahmen abgestimmten Honorarordnung, die die differenzierten Anforderungen an den Bestand genau erfasst und beschreibt, wäre sinnvoll.

Es sollte nicht dem Zufall überlassen werden, welche Sanierungsschwerpunkte gesetzt werden.

Dazu sind Sanierungsmaßnahmen mit einer Zieldefinition zu versehen. Als Grundlage werden verschiedene Überlegungen und Arbeitsschritte benötigt:

- Gesamtzustand des Gebäudes feststellen
- alte Konstruktionsarten erkunden und erfassen
- abklären, ob die baulichen Gegebenheiten zur derzeitigen und zukünftigen Nutzung passen
- durchschnittliche jährlichen Kosten des Gebäudes in den Bereichen Strom, Heizung, Kühlen, Instandsetzungen, Wartungen, Reinigungskosten feststellen
- die baulichen Defizite (Brand-schutz, Barrierefreiheit, Schadstoffe, Arbeitsschutz, Komfort) auflisten.

Zwingend notwendig ist, dass Reparaturen bzw. Sanierungen systematisch geplant und aufeinander abgestimmt werden, da durch Baumaßnahmen ein vorhandenes Baugesfüge verändert wird: Neue und alte Bauweisen bestehen nun nebeneinander, Bauteile weisen dann eine unterschiedliche Restlebensdauer, eventuell ergeben sich auch physikalische Veränderungen.

Planungsmethodik

Ganzheitlicher Planungsansatz

„Von der Zielsetzung zum Vorkonzept“
auf Grundlage einer umfassenden Befunduntersuchung

Aktualisierung der Bestandsunterlagen, Befunduntersuchung, Messungen

Einsatz von Hilfsmittel/Planungswerkzeugen zur Bewertung der Ergebnisse
in Hinblick auf bauliche Besonderheiten (Innendämmung, Tauwasserbildung,
Wärmebrücken), Umweltentlastung, Arbeitsplatzqualität, Wirtschaftlichkeit

Betrachtung der Lebenszyklen des Gebäudes für eine nachhaltige
Bewertung der Entscheidungen

D) Wege zu einer ganzheitlichen Planung

Das Architekturbüro Werner Haase wurde beauftragt, gemeinsam mit dem Amt für Hochbau und Gebäudewirtschaft und dem Umwelt- und Ordnungsamt der Stadt Aschaffenburg diese Aufgabenstellung zu bearbeiten und ein ganzheitliches Sanierungskonzept zu entwickeln.

Arbeitsmittel und Werkzeuge

Ablauf der Voruntersuchung

Das entwickelte Konzept basiert auf einer umfassenden Bestandsuntersuchung.

Sichtung der Bestandsunterlagen

Im städtischen Archiv wurden alle vorhandenen Unterlagen zum Rathauskomplex gesichtet. Dies hatte zum Ergebnis:

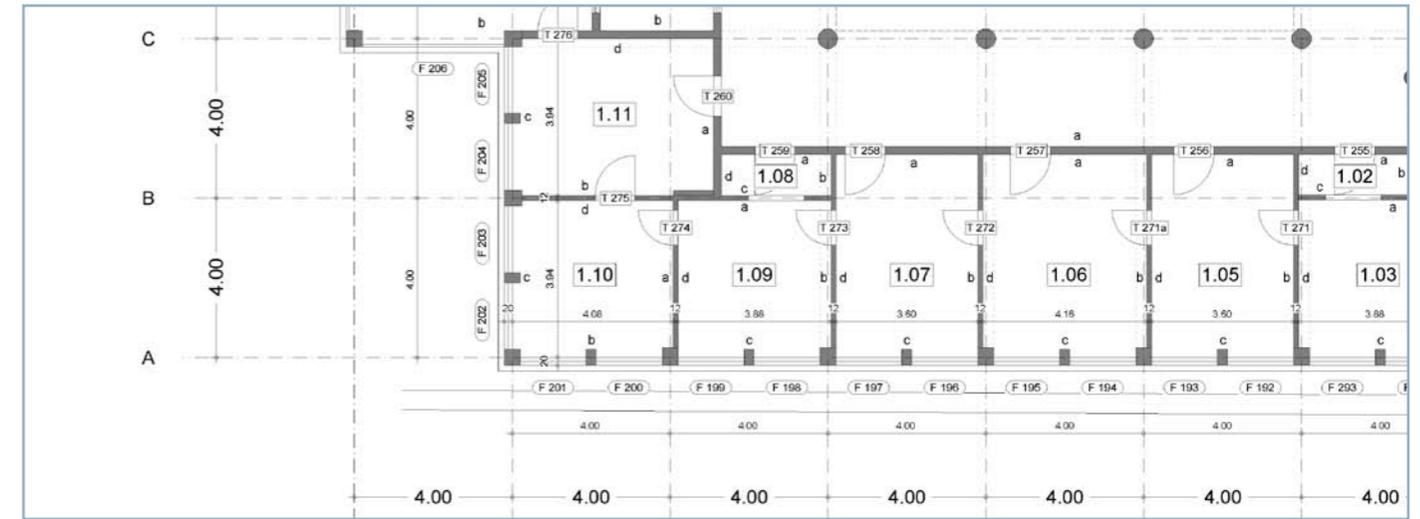
Der Informationsgehalt der erhaltenen Bestandspläne war z. T. spärlich, zu manchen Konstruktionen fehlten Planunterlagen vollständig. So war zur Sandsteinfassade lediglich eine Entwurfsskizze der Plattengliederung eines Fassadenausschnittes vorhanden. Auf welche Weise und in welchem Raster die Sandsteinplatten befestigt wurden, ließ sich jedoch weder aus Zeichnungen, noch aus Abrechnungsunterlagen entnehmen.

Detailzeichnungen oder Verarbeitungsvorschriften der damaligen Baumaterialien existierten ebenso wenig wie weiterführende technische Unterlagen zur Gebäudetechnik. Ebenso waren auch keine Ab-

rechnungsunterlagen erhalten geblieben, die weitere Aufschlüsse über Material und Bauweise hätten geben können.

Die Bauausführung wurde damals weniger zeichnerisch und in Ausschreibungstexten dokumentiert, da der Handwerker viele Aufgaben in traditioneller Weise und handwerklicher Manier löste. Manche heute nicht mehr gebräuchliche Arbeitstechniken müssen so neu erkundet werden und auf zukünftige Anwendbarkeit überprüft werden.

Zur Problemlösung war es daher sehr wichtig, frühzeitig Detailwissen unterschiedlicher Fachdisziplinen, möglichst aus der Erbauungszeit, mit einzubeziehen. So kann für die Bildung von Bauabschnitten die Organisation der Gebäudetechnik wertvolle Hinweise liefern (vertikale oder horizontale Erschließung?).



Digitaler Bestandswerkplan

Generell gilt:
Für alte Konstruktionen ist der Bestandsschutz abzuklären und mit Zielsetzungen heutiger Normen in der Praxis zu vergleichen.

Digitalisierung

Die vorhandenen Planunterlagen sind teils in Transparentfassungen, teils in Papierabzügen erhalten geblieben. Spätere bauliche Änderungen wurden in der Regel nicht dokumentiert.

Eine wichtige Grundlage zur Problemlösung stellte somit das Aufarbeitung und Übertragung der vorhandenen und überprüften Planunterlagen in ein gebräuchliches digitales Format dar. Dies wurde ergänzt durch eine ausführliche Bestand-

serfassung vor Ort. Besonderheiten, Veränderungen und Schäden wurden aufgenommen und in die digitalisierten Pläne eingearbeitet. Diese stellen die zukünftige „Planungs-Plattform“ dar und sind Grundlage für alle weiteren am Planungsprozess Beteiligten. Durch eine 3-dimensionale Darstellung wurde im weiteren Fortgang der Konzeptionierung Computer-Simulationen wie z.B. zum thermischen Verhalten ermöglicht.

Codierungsschema

Für den Rathauskomplex wurde ein Codierungsschema aller Bauteile entwickelt, das als Grundlage für die weitere Planung diente. Allen Räumen, Wänden, Fenstern und Türen wurde eine verbindliche Bezeichnung zugeordnet, die wiederum in Pläne und Raumbuch übernommen wurden.

Dadurch wurde mit Beginn der ersten Überlegungen eine allgemeingültige Basis für alle Planungsbeteiligten geschaffen. Eine eindeutige Kommunikation war somit möglich.

Raumbuch

Für alle Bauteile wie Wände, Fenster und Türen sowie sonstige für die Denkmalpflege wichtige Ausstattungselemente wurde unter Bezug auf die Codierungsbezeichnungen ein Raumbuch in Textform erstellt und durch Fotografie ergänzt. Es dokumentiert Materialbeschaffenheit, baulichen Zustand, Schäden sowie Besonderheiten von Bauteilen. Durch die digitale Form war ein einfacher Austausch mit Bauherrn und Fachplanern möglich.

Erfassen des Tragsystems

Ergänzend zu einer reinen Digitalisierung wurde das statische System untersucht und in die Pläne eingearbeitet. Wichtig war dies, da auf Grundlage des bestehenden Unterzugsystems die Möglichkeiten von Rohrleitungsführungen ersichtlich wurden. Ebenso konnte erkannt werden, dass im Fassadenbereich Stützen teilweise nicht statisch wirksam ausgeführt wurden, was Auswirkungen auf Dämmmaßnahmen, Befestigungsmöglichkeiten und dgl. hatte. Da die Dachkonstruktion in Teilbereichen als flach geneigtes Stahlbetondach ausgeführt war, verringerten sich die zusätzlichen Anforderungen des Brandschutzes andererseits wurden andere Dämmmaßnahmen notwendig.

Detaildarstellungen

Die für Denkmalschutz, Gestaltung und Konstruktion relevanten Detailpunkte wie z.B. die Anschlussbereiche von Wand an Fenster und Stütze sowie die Übergänge zu Decken inkl. Stürzen und Fußbodenaufbauten wurden zeichnerisch dargestellt.

Sie dienen als Grundlage, um Detaillösungen entwickeln, bauphysikalisch berechnen (-> Detailbetrachtungen wie

Wärmebrückenberechnungen.) und mit anderen Beteiligten vorab abstimmen zu können.

Bauteilbeschaffenheit / und Schadstoffanalyse

Typische Merkmale der bauzeitlichen Bauweise und typischer Baumaterialien wurden erkundet. Hierzu wurden unter anderem Proben von Baustoffen entnommen, um Materialeigenschaften im Labor zu ermitteln. Insbesondere die Zuordnung der tatsächlichen Materialdämmwerte der ursprünglich verarbeiteten Gasbetonsteine zeigte sich hier als hilfreich.

Gefahrstoffanalyse

Aus vorangegangenen Baumaßnahmen war bereits bekannt, dass – wie häufig bei Bestandsgebäuden dieser Zeit – gesonderte Maßnahmen bei Ausbau und Entsorgung von Baustoffen notwendig waren. Diese Betrachtung wurde vertieft und gemeinsam mit einem örtlichen Fachgutachter auf das Gesamtgebäude angewandt, um aussagekräftige Kostenwerte zu erhalten und diese in die ökonomische Bewertung des vorgeschlagenen Konzeptes einzubinden.

Messung von Innentemperatur und Luftfeuchtigkeit

In mehreren, ausgewählten Räumen wurden Messgeräte mit integriertem Datenlogger installiert. Durch die Messung von Innentemperatur und relativer Raumluftfeuchtigkeit konnte die klimatische Situation im Bestand dokumentiert und bewertet werden. Diese Werte belegen objektiv die räumliche Situation, gerade in Hinblick auf rechtliche Anforderungen von Arbeitsstätten.

So waren eine differenzierte Analyse der äußeren Einflüsse und eine Validierung der energetischen Simulationsergebnisse (-> dynamische Gebäudesimulation) möglich.

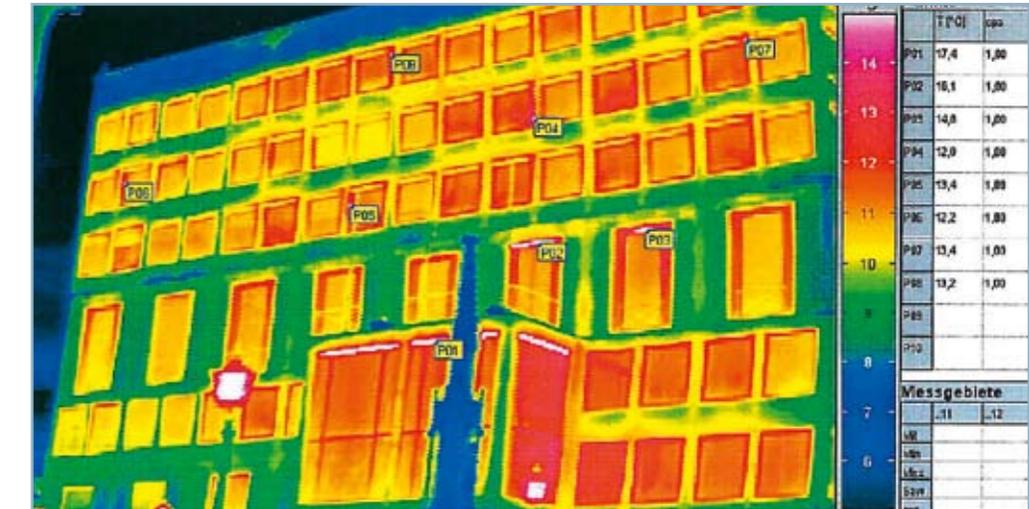
Zudem sollten diese Messgeräte – sofern keine Messungen über eine Gebäudeleittechnik möglich sind – bis einige Jahre nach der Sanierung installiert bleiben, um objektiv die Temperaturen vor und nach der Sanierung erfassen und eine Verbesserung der Situation infolge von Sanierungsmaßnahmen dokumentieren zu können.

Thermographie

Thermographische Aufnahmen der Außenhülle lagen mit Untersuchungsbeginn bereits vor und wurden in die Bewertung mit eingebunden. Sie stellen die Oberflächentemperaturen von unterschiedlichen Außenbauteilen, wie z.B. der Fassade mit

Fenstern, dar und bieten eine anschauliche Hilfestellung zur Ermittlung von energetischen Schwachpunkten (-> Wärmebrücken). Sofern keine Bauteiluntersuchungen möglich oder Bestandsunterlagen vorhanden sind, können sie Aufschluss über konstruktive Unklarheiten oder Hinweise auf Ausführungsfehlern geben.

Die Thermographie bietet eine qualitative Aussage und kann als Ergänzung genutzt werden, jedoch nicht eine detaillierte Bauteil- und Materialuntersuchung ersetzen.



Thermografie aus dem Energiegutachten von 2002: Oberflächentemperaturen der Außenfassaden an einem Wintertag. Hohe Oberflächentemperaturen von über 13°C weisen auf einen hohen Energieverlust schlecht gedämmter Bauteile hin.

Entwicklung eines Gesamtkonzepts

Sanierungsnotwendigkeit

Auf Grundlage dieser Voruntersuchungen konnte ermittelt werden, welcher bauliche und technische Reparaturbedarf zurzeit besteht. Dabei lag der Schwerpunkt auf der Fragestellung, mit welchen Mitteln die Fassade verbessert werden kann und welche Konsequenzen sich für das Gesamtsystem des Gebäudes ergeben. Gemeinsam dem Bauherrn wurde festgelegt, in welchen Bereichen Änderungen der Raumgrößen und -zuschnitte notwendig sind, um zeitgemäßen Verwaltungsstrukturen gerecht zu werden. Hierbei musste auch berücksichtigt werden, dass aus technischer und rechtlicher Sicht zusätzliche Technikräume erforderlich sind. Bestandteil der Planung waren ebenso grundlegende Leistungen im Bereich „Brandschutz“ und „Nutzungssicherheit“, wodurch rechtliche Erfordernisse ebenfalls frühzeitig berücksichtigt werden konnten.

Energiekonzept

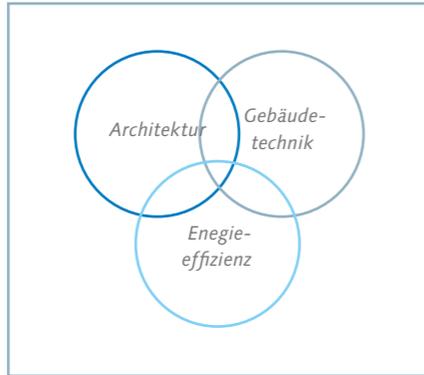
Parallel dazu wurde die energetische Situation des Bestandes untersucht:

Verbrauchszahlen an Erdgas und Strom der vergangenen Jahre wurden eingeholt und ausgewertet.

Bauteilkonstruktionen und deren Materialbeschaffenheit wurden untersucht und daraus das energetische Verhalten errechnet. Insgesamt konnte so ein Gutachten über den energetischen Gebäudebestand

erstellt werden, das sowohl den winterlichen als auch den sommerlichen Wärmeschutz berücksichtigt.

Daraus wurde ersichtlich, wie sich der Energiebedarf zusammensetzt und in welchen Bereichen die Hauptverluste liegen und welche Verbesserungsmöglichkeiten im baulichen wie im technischen Bereich bestehen.



Vernetzung von Problemen aus unterschiedlichen Bereichen

Denkmalwertigkeit

Da das Gebäude in seiner innenräumlichen Erscheinungsweise sehr heterogen ist, wurden zur besseren Übersicht und leichteren Bearbeitung Bereiche mit unterschiedlicher Wertigkeit gesondert erfasst und in den Plänen sowie im Raumbuch dargestellt.

Diese denkmalrelevanten Punkte wie Außenerscheinung, Innenraumgestaltung und Ausstattungselemente wurden mit der zuständigen Behörde abgestimmt

Synergien werden dadurch ersichtlich!

In der Gesamtbetrachtung aus baulichen Mängeln, funktionalen Notwendigkeiten und energetischen Defiziten wurde deutlich, welche Ansatzpunkte einer Gesamtanierung bestehen. In dieser Gesamtbetrachtung bieten sich oftmals Möglichkeiten, die bei einer Einzelbetrachtung von Bauteilen nicht erfasst und greifbar werden. Verbraucht Bauteile, z.B. Fenster lassen sich bei einer Erneuerung energetisch wesentlich verbessern, wodurch der Heizenergieverbrauch zukünftig verringert wird. Darüber hinaus sollten aber auch Randgegebenheiten beachtet werden, um zu vermeiden, dass in wenigen Jahren zwangsläufige Mehrkosten (z. B. bei einer neuen Wanddämmung: neue Anpassungsarbeiten, erneutes Einputzen, neuer Anstrich und zusätzliche Gerüststellungen) anfallen.

Sanierungskonzept

Die gewonnenen Erkenntnisse wurden zu einem Gesamtkonzept verdichtet und die Notwendigkeiten von Nutzungsanforderungen, Denkmalschutz und energetischer Situation aufeinander abgestimmt.

Integrale Planung

Maßgaben aus den Bereichen Bauwerk, Gebäudetechnik und Denkmalschutz wurden aufgenommen und in die Planung integriert. Diese Arbeitsweise ist als iterativer Prozess zu verstehen unter Einbeziehung der dargestellten Befunduntersuchung, Herangehensweise und Hilfsmittel. Erkenntnisse aus den unterschiedlichen Bereichen werden miteinander rückgekoppelt und optimiert. Varianten wurden miteinander abgewogen und die getroffenen Entscheidungen dokumentiert.

Diese Planungsmethodik erfordert interdisziplinäres Fachwissen und Recherche über die spezifischen Möglichkeiten. Erfahrungen im Bereich Sanierung, Denkmalschutz und Gebäudetechnik sind notwendig.

Vorgezogene Detailplanung

Die Konzeption wurde zunehmend detailliert. Technische Machbarkeit und handwerkliche Umsetzbarkeit unterschiedlicher Ansätze aus dem Energiekonzept wurden vorab geklärt und auf die Denkmalverträglichkeit überprüft.

Konstruktive Detailpunkte, wie Material und Dimension der Innendämmung und die Konstruktionsweise der Fenster, wurden mit den aufgezeigten Hilfsmitteln bauphysikalisch untersucht. Dabei wurde unterschiedliche Einbausituationen erfasst und die Problematik der Wärmebrücken berücksichtigt.

Neben den Erfordernissen der Raumbeheizung wurden auch die Möglichkeiten einer Raumkühlung untersucht. Ebenso wurde ein Konzept für die Belichtung der Bürobereiche entwickelt, das Aspekte wie Verschattung, Tageslichtlenkung, künstlicher Beleuchtung berücksichtigt. Zudem wurden die Möglichkeiten einer Raumlüftung (aktiv/passiv) überprüft. Intensiv wurde dabei das Zusammenwirken von Innendämmung, Flächentemperierung und Lüftung untersucht.

Ökonomisch-ökologische Bilanzierung

In einem Bilanzierungsverfahren wurden für das gewählte Konzept und weiteren Varianten die Energieflüsse berechnet. Darauf aufbauend wurden verschiedene System zur Energieerzeugung und Steigerung der Energieeffizienz untersucht.

Aus diesen gewonnenen Erkenntnissen wurden die Anforderungen an die Gesamtsteuerung der Anlagentechnik (Kühlung, Heizung, Lüftung, Beleuchtung, Energiespeicherung, Energieeffizienztechnik) entwickelt.

Transparenz der Entscheidungsfindung

Als Beitrag zu einer transparenten Entscheidungsfindung wurden entsprechend dem Fortschritt Berichte zum jeweiligen Planungsstand in den Entscheidungsgremien vorgelegt und (in Form von Powerpoint-Präsentationen) vorgestellt

Behandlung von technischen Detailfragen

Detailuntersuchung der Sandsteinfassade

Nähere Kenntnis über Zustand und Konstruktion der Fassade wurde als wesentliche Voraussetzungen für die weiteren konzeptionellen Vorschläge erachtet.

Die Tragfähigkeit der Plattenbekleidung war durch vorangegangene Untersuchungen nachgewiesen worden. Es lagen jedoch keine Information darüber vor, wie die vorgesezte Fassadenkonstruktion im Detail ausgeführt war, wie der Lastabtrag stattfand und ob umfangreichere konstruktive Maßnahmen erforderlich bzw. sinnvoll wären.

Dies war vor allem von Bedeutung, da eine Innendämmung Einsatz finden sollte: Vor Einbau einer innenseitigen Dämmebene musste geklärt werden, ob innenseitige Maßnahmen z. B. Verankerungen von innen vorgenommen werden müssen.

Als Grundlage für weitere Untersuchungen wurden Schema-Zeichnungen der Sandsteinfassade angefertigt. Darin enthalten waren u.a. die Fensteröffnungen, Gesimsebene und Unergliederungen der Werksteinplatten. Die vorher ermittelte Tragstruktur wurde graphisch hinterlegt, um unterschiedliche Konstruktionen darstellen und Verankerungsmöglichkeiten erfassen zu können.

(-> tragende Elemente aus Stahlbeton, nichttragende Stützen aus Mauerwerk)

Ergänzend zu den Verformungsmessungen der Fassade, Auszugsversuchen und Korrosionsmessungen an Ankern wurden repräsentative Fassadenausschnitte näher untersucht und unzugängliche Bereiche mit einem Hubsteiger befahren, um weiterführende Informationen zu erhalten. Dabei wurde erfasst, in welchem Umfang Platten beschädigt waren, eventuell auch locker saßen.

Plattenfugen wurden beräumt und näher untersucht, mit dem Ziel die Art und Weise vorhandener Befestigungen zu ermitteln. Ergänzt wurde diese Untersuchung durch Recherchen zu den bauzeitlichen damaligen Befestigungstechniken.

Die Untersuchung und Bewertung der Erkenntnisse wurde in Verbindung mit einem Statiker, einem erfahrenen Steinmetz sowie dem ursprünglichen Steinmateriallieferanten der Erbauungszeit durchgeführt.



Fassadenansicht mit Plattengliederung (links) und Konstruktion (rechts)

Einsatzmöglichkeit von Innendämmung

Bei der Verwendung von Innendämmsystemen besteht grundsätzlich die Möglichkeit der Bildung von Kondensat innerhalb von Bauteilen. Mittels computerunterstützter Rechenprogramme ließen sich hierzu nähere Erkenntnisse gewinnen.

Simulationen zur Kondensatbildung

Durch das Software-Programm WuFi 3.3 wurde in einem linearen Verfahren das Temperatur- und Feuchteverhalten innerhalb unterschiedlicher Konstruktionen über mehrere Jahreszyklen hinweg simuliert. Dadurch konnten erste Erkenntnisse über Feuchtigkeitsanfall und Trocknungsvorgänge entlang des Bauteilquerschnitts im Fall einer Innendämmung gewonnen werden. Für kritische Detailpunkte (wie z.B. an Wärmebrücken) wurden zusätzliche bauphysikalische Bewertungen mittels des Programms Delphin vorgenommen. Diese Berechnungen gingen über die qualitative Aussage von Wufi hinaus und boten die Möglichkeit der Simulation von Temperatur- und Feuchtigkeitsverhalten auf zweidimensionaler Grundlage.

Grundlage dafür waren wiederum Materialkenntnis und Detaildarstellungen.

Berechnung von Wärmebrücken

Zur Modellierung des zweidimensionalen Wärmetransfers in Bauteilen wie etwa Fenstern, Wänden, Fundamenten, Dächern und zur Darstellung von Wärmebrückeneffekten wurde Therm 5.2 verwendet.

„Therm Finite Element Simulator“ Version 5.2 Therm rechnet nach DIN EN ISO 10211-1. Die Berechnung auf Basis der Finite-Elemente-Methode erlaubt eine Bewertung der Energieeffizienz und sich einstellender Temperaturen in Bauteilen mit entsprechender Auswirkung auf Energieverlust, Kondensation und Feuchteschäden. Es können Isothermen und maximale Energieflussdichten dargestellt sowie effektive U-Werte bzw. längenbezogene Wärmebrücken von Bauteilen und Anschlussdetails ermittelt werden.

Zweck:

Schadensfreihaltung Kondensatvermeidung und Minimierung von Wärmeverlusten

Feuchtigkeitssimulationen besonders an Stellen mit hohem Energiefluss betrachtet!

Behandlung der Umweltentlastung

Zur ökologischen Bewertung der untersuchten Varianten wurde eine bauteilbezogene Lebenszyklusanalyse vorgenommen.

Dabei wurde auf Grundlage der LEGEP-Datenbank das Gebäude elementweise abgebildet.

In einer Gesamtbetrachtung konnten

- Baukosten
- Nutzungskosten
- Rückbaukosten
- Ökologische Folgen
- Energiekosten

als die relevanten Kosten für den kompletten Lebenszyklus eines Gebäudes von der Planung, der Errichtung, dem Betrieb bis hin zum Abbruch ermittelt werden.

Es war dadurch möglich, unterschiedliche Lösungsvarianten direkt miteinander zu vergleichen und ökonomische wie auch ökologische Betrachtungsweisen zusammenzuführen. Die langfristige Betrachtung erfolgte dabei dynamisch, das heißt, Effekte wie Energiepreissteigerungen, Eigenkapitalzins, und ähnliches wurden berücksichtigt (Barwertmethode).

Die Auswirkungen ganzheitlicher Maßnahmen konnten dadurch näher untersucht und auf ihre Nachhaltigkeit überprüft werden.

Behandlung der Arbeitsplatzqualität

Die Qualität eines Arbeitsplatzes lässt sich objektiv an unterschiedlichen Kriterien (thermischer Komfort, Luftqualität, Sehkombfort, Raumakustik, Schadstoffgehalt) messen. Verbindliche Forderungen werden durch die Rechtsprechung mittlerweile auch für klimatische Nutzungsbedingungen im Sommerfall erhoben.

(-> durch Umsetzung der Arbeitsstättenrichtlinie im Rahmen des Bielefelder Urteils)

Klimatischer Komfort

Zur Beurteilung zukünftiger Nutzungsbedingungen wurden daher die raumklimatische Situation und der damit verbundene Komfort durch eine dynamische Simulation ermittelt. Mittels Softwareprogrammen wie z.B. TRNSYS oder Riiska lassen sich anhand 3-dimensionaler Raummodelle die Raumtemperaturen unter den spezifischen Voraussetzungen simulieren. Äußere Einwirkungen (Außentemperatur, Sonneneinstrahlung, Orientierung) wie auch innere Einflüsse (Konstruktionsweise des Gebäudes, technische Ausstattung, Belegungsdichte und Nutzungszeiten) werden dabei spezifisch für Gebäude und Nutzung berücksichtigt.

Dynamische Simulation von Einzelräumen

Zunächst wurden in einer vereinfachten Vorgehensweise vier unterschiedlich orientierte Standardbüro Räume sowie ein Eckraum betrachtet, um die grundsätzliche Situation zu erfassen und den Umfang an möglichen Varianten zielführend einzugrenzen.

Dynamische Simulation des Gesamtgebäudes zur Systemabsicherung

Im Rahmen der weiteren Konzepterarbeitung wurde diese isolierte Betrachtungsweise aufgegeben und das Gesamtgebäude unter Berücksichtigung unterschiedlicher Nutzungszonen in Ansatz gebracht. Die Simulation des Gesamtgebäudes bezog ebenso Sonderräume und konstruktiven Besonderheiten, wie den Sitzungssaal, den Lichthof und den Trausaal in die Untersuchung mit ein und berücksichtigte Varianten:

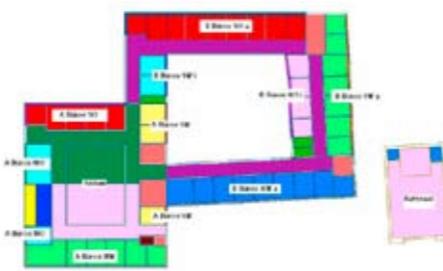
- Materialbeschaffenheit und -dicke der Wärmedämmung (insb. von Innendämmung, und Fensterkonstruktion)
- Art und Umfang der Temperierungsflächen zum Heizen und Kühlen
- Art der Raumlüftung (Fensterlüftung oder mechanische Lüftung) und deren Bedingungen Luftwechsel (Luftvolumen, Luftfeuchte, Nachtlüftung)

Durch diese genauere Simulation ließen sich neben den raumklimatischen Bedingungen von Sonderräumen weitere Erkenntnisse gewinnen:

- Prognose des Energiebedarfes zum Heizen und Kühlen
- Umfassende Bewertung des Raumkomforts
- Grundlage für Auslegung der geplanten Anlagentechnik mit Lüftung, Bauteiltemperierung (Heizen und Kühlen), Wärmepumpe, Rückkühlwerk, Speichertechnik.

Warum thermische Simulationen?

- Nutzererfordernisse Arbeitsstättenrichtlinie
- Prognose des Energieverbrauchs für Heizen – Kühlen (z. B. für Förderanträge KfW und dgl.)
- Genaue Auslegung der notwendigen Technik (Überdimensionierung wird vermieden -> Kostenschätzung, später Detailplanung)



Darstellung der Zoneneinteilung

**Behandlung der Wirtschaftlichkeit
Baukosten / Betriebskosten**

Für die Gesamtmaßnahme wurde eine Schätzung der Baukosten auf Ebene der Bau- und Technikgewerke durchgeführt (Stand 2006 bei praktikabler Unterteilung in 5 Bauabschnitte). Die größere Genauigkeit bei diesem Vorgehen durch Zuordnung von erforderlichen Maßnahmen zu Massenaufstellungen und Kosten erweist sich bei Sanierungsobjekten als notwendig. Ein pauschaler Kostenansatz, wie etwa nach Kubatur oder Fläche, ist für Bestandsgebäude nicht sinnvoll, da sonst individuelle Besonderheiten häufig nicht ausreichend erfasst werden. Als Grundlage dienen dabei interne Kosten- und Erfahrungswerte. Zusätzlich wurden für Sonderbauteile (wie die Glaskuppel über dem Lichthof) Angebote von Fachfirmen eingeholt.

Die Schätzung der energetischen Betriebskosten erfolgte auf Grundlage der Verbrauchszahlen aus den dynamischen Simulationen (für den Heiz- und Kühlbedarf), über den Ansatz von Gerätelaufzeiten (EDV, Lüftung) sowie aus Kennzahlen der Fachliteratur (-> „Bürogebäude mit Zukunft“)

**Ökonomisch –
ökologische Bewertung**

Bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit der vorgeschlagenen Maßnahmen wurde berücksichtigt, welche Kosten zwangsläufig aus der baulichen Notwendigkeit entstehen (->Sowieso-Kosten) und welche Mehraufwendungen aufgrund höherwertiger Dämmstandards oder energieeffizienter Gebäudetechnik erfolgen (-> Umwelrelevante Mehrkosten).

Auf Grundlage der geschätzten Baukosten und Nachfolgekosten wurden für das Gesamtgebäude unterschiedliche Varianten zum Vergleich gegenübergestellt und im Rahmen der Lebenszyklusanalyse bewertet:

- Bestandssituation,
- Mindeststandard gemäß EnEV
- optimierte Lösung

Die gewählte Betrachtungsweise geht über den Vergleich von Einzelmaßnahmen hinaus. Dies ist zwangsläufig erforderlich, da aufgrund konstruktiver und technischer Zwänge z.B. nicht geringfügige Mehrdicken eines Dämmstoffs oder eine bessere Verglasung die Wirtschaftlichkeit bestimmt, sondern die Tauglichkeit der Konzeption unter Berücksichtigung von baulichem Zustand, Denkmalschutz und Nutzeranforderungen insgesamt beeinflussen können.

Fördermöglichkeiten für energetische und denkmalpflegerische Maßnahmen wurden untersucht und als Beitrag zur Finanzierung der Gesamtmaßnahme aufgezeigt. Ebenfalls wurde im Rahmen der Kostenbetrachtungen berücksichtigt, welchen Beitrag geringere Betriebskosten zu einer Finanzierung leisten können.

Zudem wurden die finanziellen Auswirkungen einer straffen Gesamtanierung gegenüber einer kleinteilig durchgeführten Sanierung untersucht und dargelegt.

Diese Betrachtungsweise geht über die Untersuchung von einzelnen Maßnahmen und deren Einsparpotential hinaus, nur dann werden Synergien ersichtlich und nutzbar!

Abwägung im Rahmen der Vorkonzeptionierung erfordert weiterhin Planung und Offenheit nach allen Seiten. Werte gelten als Orientierungswert für alle Beteiligten.

Ergebnisse der Planungsmethodik

Die intensive Auseinandersetzung mit dem Gebäudebestand stellt eine gute Grundlage für die weitere Planung dar.

Ursachen für die vorhandenen Missstände konnten ermittelt und gesondert berücksichtigt werden

Eine nachhaltige Sanierung kann nur durch einen integralen Planungsansatz erreicht werden. Isolierte Einzelbetrachtungen von Teilaspekten sind nicht aussagekräftig und bieten keine zielführenden Lösungsansätze.

Die gewählten Hilfsmittel und Planungswerkzeuge tragen dazu bei, im Rahmen einer iterativen Vorgehensweise Festlegungen zum Sanierungskonzept zu treffen.

Tabelle zu internen Lasten der Büroräumausstattung

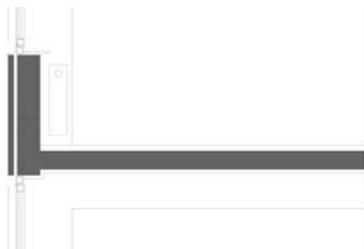
PC.....	70 bis 100 W
Röhrenmonitor.....	70 W
TFT-Display.....	21 W
Bürokopierer.....	1.100 W
Glühlampe.....	100 W
Kompakt-Leuchtstofflampe.....	20 W
Person.....	~ 70 W

C) Ergebnisse zur Planungsmethodik

Systemfehler der vorh. Bauweise wurden erkannt und analysiert

Die heutigen Probleme in Hinblick auf Ökonomie, Ökologie und Komfort lassen sich auf verschiedene Ursachen zurückführen, die jedoch nur zum Teil in der ursprünglichen Bauweise begründet sind:

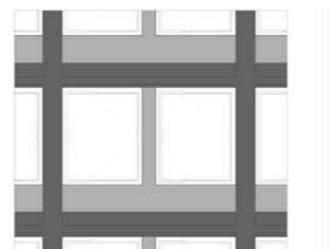
Ungedämmter Stahlbeton



Das Rathaus wurde in einer Skelettkonstruktion errichtet. Die äußeren Stützen, Unterzüge und auch die Deckenplatten aus Stahlbeton sind jedoch nicht wärmegeklämt und werden nur durch die ca. 4-6 cm dicken Sandsteinplatten überdeckt.

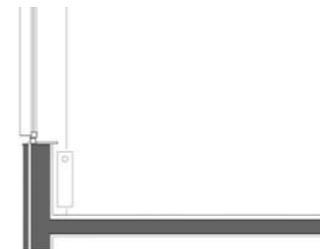
Diese Bauweise besitzt sehr geringe Dämmeigenschaften.

Hoher Verglasungsanteil



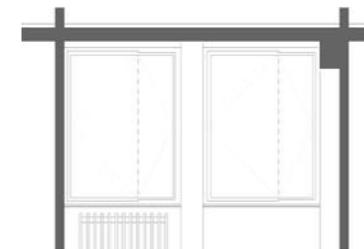
Nahezu im ganzen Rathaus wurden Fenster mit großen Wendeflügeln eingebaut, die einen Anteil von bis zu 55% an der Fassadenfläche haben. Die veralteten Aluminiumfenster, deren Rahmen thermisch nicht getrennt sind, haben ebenfalls wie die Wandkonstruktion sehr geringe Dämmqualitäten. Die Energieverluste im Winter sind daher enorm. In der Sommerzeit überhitzen die Büroräume, da viel Wärmeenergie durch Sonneneinstrahlung eindringen kann und wenig Schutz durch Verschattung oder Speichermasse besteht.

Problematischer Sonnenschutz



Die an den Fenstern nachträglich eingebauten Außenjalousien sind gerade an hohen Gebäuden anfällig für Sturm und Witterungseinflüsse und können somit nur während den Arbeitszeiten benutzt werden. An den Wochenenden oder nach Feierabend muss die Jalousie geöffnet bleiben und kann somit keinen wirksamen Schutz bieten. In Verbindung mit den großen Verglasungsflächen kommt es zu unkontrollierten Wärmeeinträgen und dadurch zu Überhitzungen der Räume.

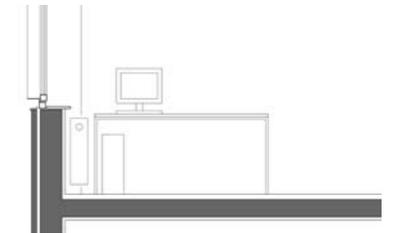
Unausgewogene Raumbeheizung



Die Büroräume werden durch jeweils einen Heizkörper erwärmt. Dieser wird mit einer hohen Vorlauftemperatur angefahren (bedingt durch die schlechte Wärmedämmung des Gebäudes). Dadurch entsteht ein extremes Temperaturgefälle innerhalb der Büroräume und somit ein schlechter Komfort:

Der Arbeitsplatz nahe dem Heizkörper ist zu warm, der Arbeitsplatz ohne Heizkörper hingegen ist deutlich zu kalt.

Wachsende Hitzebelastung durch zunehmende Technisierung der Arbeitswelt



Seit den 1990er Jahren fand eine fortschreitende Technisierung der Arbeitswelt statt. Arbeitshilfen wie Computer, Bildschirme und Kopierer hielten Einzug in die Büroräume. Dies ist mit hohen internen Wärmelasten verbunden, da bei Betrieb elektrischer Geräte ständig Wärme entsteht und auf den Innenraum einwirkt.

Erkenntnisse aus Temperaturmessungen Innenraum

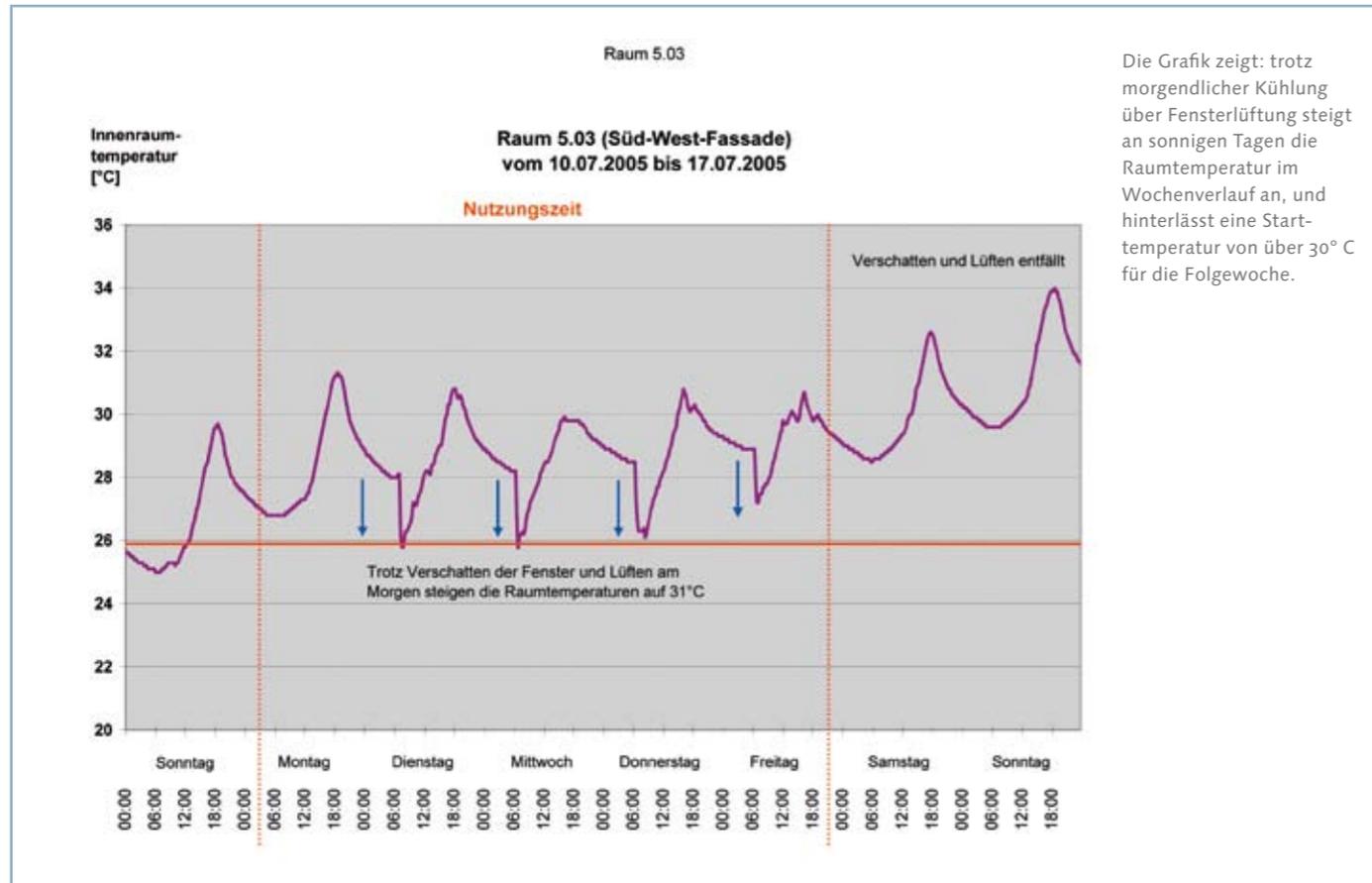
Durch Auswertung der saisonalen Messungen im Gebäudebestand konnten wesentliche Erkenntnisse zum Verständnis des Gebäudes gewonnen werden:

Es findet kaum eine Phasenverschiebung zwischen den Extremwerten der Außen- und Innentemperatur statt.

Selbst bei Verschattung der Fenster während der Nutzungszeit ist das Problem der Überhitzung vorhanden. Teilweise sind nur geringfügige Reduzierungen der Innentemperaturen festzustellen.

Solare Einstrahlung dringt im Sommer ungehindert in den Innenraum ein und lässt die Innenraumtemperatur rasch ansteigen, da zu große Verglasungsflächen im Verhältnis zu geringen Speichermassen vorhanden sind.

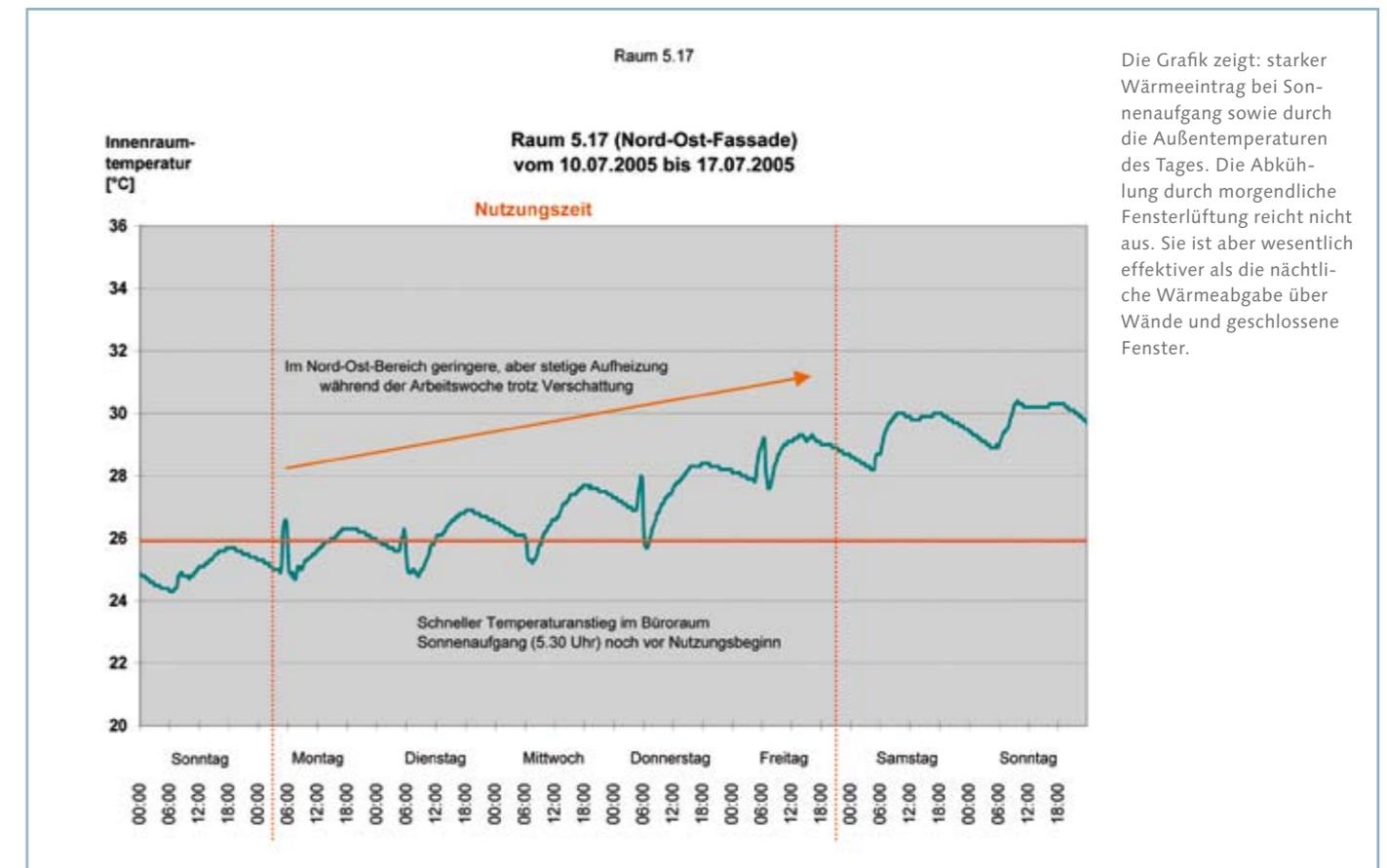
Charakteristische Entwicklung der Innenraum-Temperatur



Zudem werden die Lamellen nutzungsbedingt zum Feierabend geöffnet. Somit entfällt die Verschattungswirkung in den Abendstunden. Die Räume überhitzen, da zusätzlich zu äußeren Energieeinträgen kontinuierlich innere Wärmeeinwirkungen aufgrund der Büronutzung (Computertechnik, Personenbelegung, Beleuchtung) stattfinden.

Die Raumtemperaturen sinken nachts nicht ab. Eine Nachtlüftung mit der entsprechenden Gebäudeabkühlung findet nicht statt, da aufgrund der Gegebenheiten kein Querlüften durch Öffnen von Fenster möglich ist. (keine Lüftungsflügel, erforderlicher Raumabschluss, denkmalgeschützte Erscheinungsweise).

Daher können Decken und Stützen als mögliche Speichermassen nachts nicht im erforderlichen Umfang auskühlen. Eine passive Kühlung durch die ausgleichende Wirkung kühler Massivbauteile ist somit tagsüber nicht wirksam.



Ergebnis der Planung**Integrales Sanierungs-/ Energiekonzept**

Im Rahmen der dargestellten Vorgehensweise wurde unter Einbindung der genannten Erkenntnisse folgendes Sanierungskonzept als optimierte Lösung entwickelt:

Ganzheitliches Sanierungskonzept

Das Einzeldenkmal „Rathaus Aschaffenburg“ kann in seiner Wertigkeit und Erscheinungsweise erhalten bleiben und durch die dargestellten Maßnahmen saniert werden.

Die Sandsteinfassade wird in situ erhalten. Vorhandene Schadstellen werden gesichert, repariert und Fehlstellen ergänzt. Zusätzlich werden regelmäßige Kontrollen der Befestigungsmittel vorgenommen. Innenseitig sind keine statischkonstruktiven Maßnahmen zur Sicherung notwendig.

Die Gebäudehülle kann im Fassadenbereich energetisch deutlich verbessert werden.

Es wird dadurch ein akzeptabler Nutzerkomfort bei wirtschaftlichen Betriebskosten und ökologischer Verträglichkeit geschaffen.

Übersicht über die energetischen Maßnahmen**Bauliche Maßnahme:****Fassade**

Einbau einer Innendämmung aus 10 cm Mineraldämmplatten (Ca-Si-Hydrate, WLG 045), 3 cm in Leibungen (U-Wert Wand ca. 0,30 bis 0,35 W/m²K je nach Bestand)

Erneuerung der Fenster durch eine „2+1“ Holz-Aluminiumkonstruktion U-Wert Fenster 1,0 W/m²K mit integrierten Jalousielamellen zur Verschattung und Tageslichtlenkung, an Sonderformaten Einsatz einer thermisch getrennten Aluminiumkonstruktion (-> siehe Seite ...)

Dach

Ersetzen der schadhafte Dachabdichtung durch ein rollnaht-geschweißtes Edeldach, Dämmung der Dachflächen mit 20-26 cm Mineralfaser, U-Wert Dach ca. 0,15 bis 0,18 W/m²K. Ebenso an

Decken

in Dämmstoffdicken von 10 bis 12 cm soweit gestalterisch vertretbar.

Wärmebrücken

Wärmebrücken werden minimiert soweit konstruktiv möglich, ergänzend dazu bei Bedarf Temperierungsleitungen angeordnet

Technische Maßnahmen:**Energieerzeugung****Heizen**

Gekoppelte Energieerzeugung durch ein Block-Heizkraftwerk (BHKW, erdgasbetrieben, mit 50kW elektrischer / 80kW thermischer Leistung)

Kühlen

Hybrides System aus Nachtlüftung und Temperierung, Einsatz eines Rückkühlwerks zur Einbindung von Umweltenergie Einsatz einer Absorptionskältemaschine in Ergänzung zum BHKW

Energiespeicherung

Kälteerzeugung vorrangig nachts bei niedrigen Außentemperaturen Verwendung von Pufferspeichern zur Speicherung von Wärme/Kälte, Einsatz eines zusätzlichen Eisspeichers, Einsatz einer Wärmepumpe zur Effizienzsteigerung und Abdeckung von Spitzenlasten

Energieübertragung

Heizen / Kühlen der Räume durch kapillare Temperierungsleitungen, integriert in Wandflächen und durch zusätzliche Deckenmodule

Raumlüftung

Reduzierung der Lüftungswärmeverluste durch Einsatz einer kontrollierten Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (personenbezogener Luftwechsel zur Raumluftthygiene, Temperierung erfolgt durch Wand- und Deckenflächen anstelle von kühler Zuluft), Beitrag zur Kühlung durch Nachtlüftung (mechanisch)

Strom

Einsatz eines wärmegeführten BHKWs zur Verringerung des Strombezuges aus dem Netz, Abdeckung von Lastspitzen und Verringerung des Primärenergiebedarfs

Verschattung

Einsatz von Tageslicht-Lamellen zur Verschattung und Tageslichtlenkung, Einbau innerhalb der Fensterkonstruktion bei dauerhafter Zugänglichkeit

Beleuchtung

Reduzierung der Beleuchtungsenergie durch Verwendung von tageslichtgesteuerten Leuchten mit hohem Wirkungsgrad, Einsatz von Präsenzmeldern

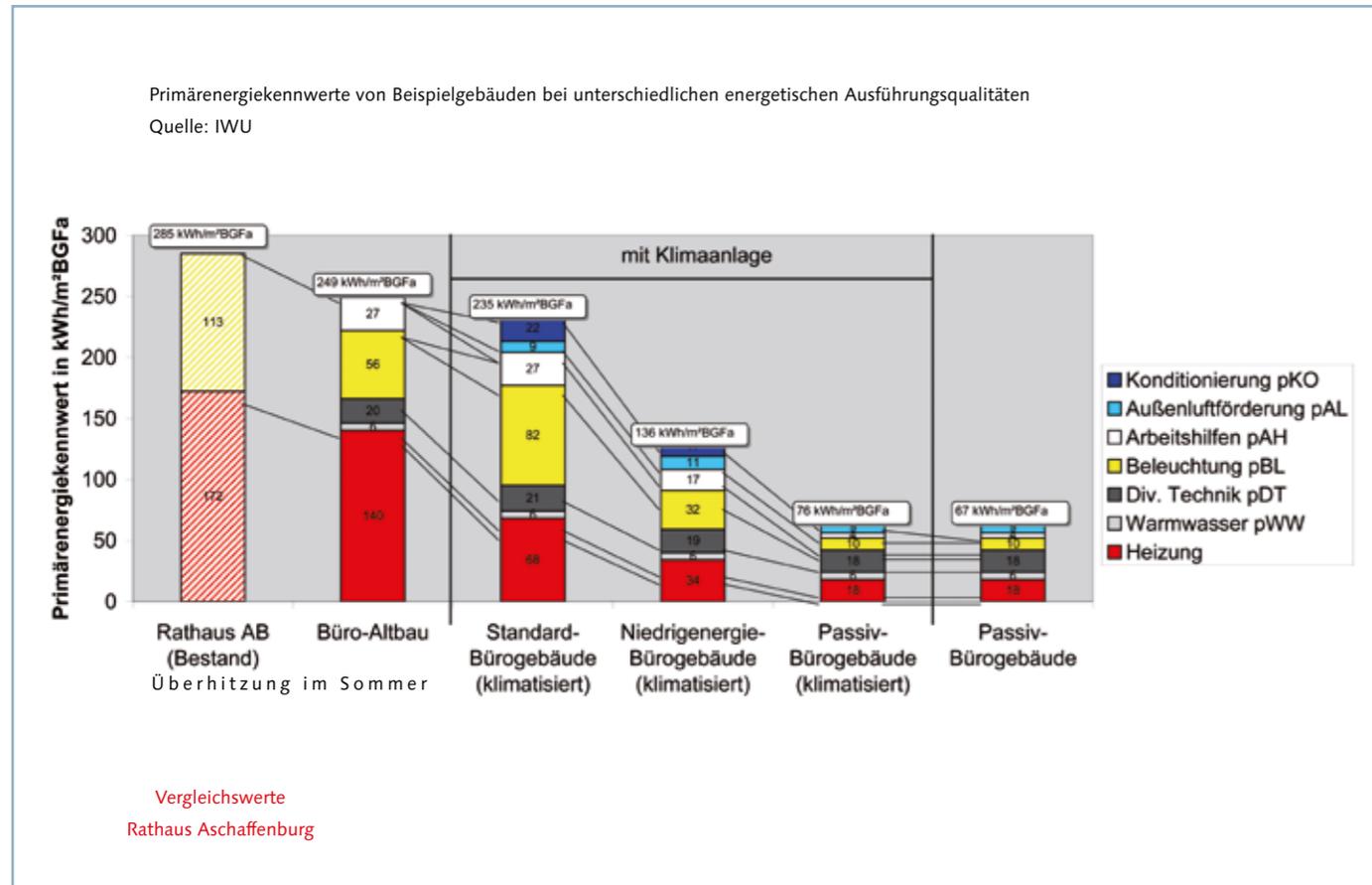
Meß- und Steuerungstechnik

Einsatz einer individuellen Steuerungstechnik zur effizienten Steuerung von Energieerzeugung, -speicherung und -verwendung, Einbindung von Wetterprognosen, Verwendung einer Bus-Technik als Grundlage für eine zentrale Steuerung und Auswertung (-> Monitoring)

Steigerung der Energieeffizienz

- Reduktion der internen Wärmelasten durch gesteuerten Kunstlicheinsatz und stromsparende Arbeitsmittel
- Schaffung von Wand- und Deckenflächen zur Oberflächentemperierung
- optimierte Dämmstandards an Wänden und Fenstern
- Belüftung zur Lufthygiene, zur Entfeuchtung und zur Wärmerückgewinnung
- Minimierung des Primärenergieverbrauchs
- Einbindung von Umweltenergie
- Ergänzung von aktiven Speichern zur Spitzenlastvermeidung
- Einsatz hierarchischer Steuerungstechnik

Energiebedarf



Allgemeiner Vergleich

Kennwerte unterschiedlicher Ausführungsqualitäten (auf Grundlage allgemeiner Untersuchungen von Neubauten) wurden in obiger Grafik gegenübergestellt und in Bezug zum aktuellen Primärenergiebedarf des Rathausbetriebes gesetzt. Deutlich ist zu erkennen, dass bei einem klimatisierten Standardgebäude gegen-

über einem Büro-Altbau der Kennwert zur Beheizung gesenkt werden kann, jedoch Bedarf für Konditionierung und Lüftung zusätzlich anfällt bzw. für Beleuchtung ansteigt (verbesserte Raumausleuchtung). Somit ergeben sich für den gesamten Gebäudebetrieb in der Regel nur minimale Primärenergieeinsparungen. Gleichzeitig bedeutet dies bei einer üblichen Sanierung und konventionellem

Technikeinsatz eine Einsparungen an Brennstoff, jedoch zugleich einen starken Anstieg des Stromverbrauches.

Dies hat zur Folge, dass zwar Heizkosten eingespart werden, die Gesamtbetriebskosten aber für den Bauherrn nahezu stagnieren oder aufgrund höheren Komforts steigen. Dabei finden lediglich Kostenverlagerungen statt.

Es ist somit nicht zielführend nur Heizenergie zu sparen, sondern den gesamten Verbrauch an Energie und Ressourcen zum Gebäudebetrieb in seinen Wechselbeziehungen zu erfassen.

Im Rahmen eines ganzheitlichen Ansatzes ist anzustreben, den Gesamtenergieverbrauch zu reduzieren, Betriebskosten einzusparen und den Primärenergiebedarf zu verringern, ohne dabei den Nutzerkomfort außer Acht zu lassen. Als Ziel wird eine Reduzierung auf ca. 100 kWh/m² angestrebt.

Dies ist nur möglich, wenn in allen Bereichen starke Energieeinsparungen erreicht werden. Durch Synergieeffekte, Einsatz neuer Techniken und einer optimierten Dämmung des Bestandes können sowohl die Energiekosten gesenkt, als auch die Raumklimaqualität gesteigert werden.

Konkrete Situation

Die bisherigen Wärmeschutzverordnungen berücksichtigten vorrangig den winterlichen Heizbedarf eines Gebäudes. Im Rathaus Aschaffenburg wurde in den vergangenen Jahren ein Rückgang der benötigten Heizenergie festgestellt, gleichzeitig hat sich jedoch der Strombedarf zwischen 1995 und 2007 von ca. 160.000 kWh auf ca. 395.000 kWh erhöht und somit mehr als verdoppelt.

Durch vereinzelte Modernisierungsmaßnahmen wurden zwar Heizkosten gespart, gleichzeitig stiegen jedoch die Nachfolgekosten in der Gesamtheit an.

Zudem erhöhte sich der Primärenergiebedarf aufgrund des gestiegenen Stromverbrauches deutlich. Der ökologische Vorteil der Einsparung von Primärenergie im Heizbereich wurde durch einen hohen Stromverbrauch im Kühlbereich aufgezehrt.

Dieses einfache Beispiel zeigt, dass es für nachhaltige Betrachtungen zwingend notwendig ist, alle Energieströme, die zum Betrieb eines Gebäudes notwendig sind, wie z.B. den Bedarf an elektrischem Strom, Erdgas oder anderen Energieträgern und Ressourcen für die Beheizung, Kühlung, Beleuchtung, Lüftung, Warmwassererzeugung und sonstige Technik innerhalb eines Gebäudes, zu berücksichtigen

Einzelbetrachtungen können dabei zu Fehleinschätzungen führen:

So ist es sicherlich nicht zukunftsweisend, lediglich Wärmedämmung einzubauen, um den Heizbedarf zu reduzieren und gleichzeitig durch Einbau einer elektrisch betriebenen Klimatisierung den Stromverbrauch massiv zu steigern.

In der Konzeptplanung wurden daher alle Energieaufwendungen erfasst und gegenübergestellt.

Erläuterungen zum Energiekonzept

Bei der Konzeptplanung wurden folgende Hauptansatzpunkte verfolgt:

- Verringerung des Energieverbrauchs
- Energieeffiziente Energieerzeugung
- Nutzung von Synergien

Verringerung des Energieverbrauchs

Die denkmalgeschützte Sandsteinfassade bleibt im Bestand vollständig erhalten, Dämmmaßnahmen werden im Fassadenbereich ausschließlich von innen durchgeführt. Materialrecherchen und konstruktive Abwägungen ergaben als vorteilhafteste Lösung, eine Innendämmung mit Mineraldämmplatten von 10cm Dicke. (WLG 045). Dieses Dämmmaterial aus Kalziumsilikat wird auf Basis von Sand, Kalk, Zement und Wasser hergestellt, ist nicht brennbar (Baustoffklasse A), enthält keine Faserstoffe und wirkt kapillaroffen.

Auf diese Dämmebene wird eine Kapillarflächenheizung aus dünnen, ovalen Kupferrohrleitungen aufgebracht und eingeputzt. Um Wärmebrücken zu minimieren wird die Dämmebene durch die einbindenden, nichttragenden Zwischenwände und bis auf dem Rohboden geführt. Verbleibende Wärmebrücken, die nicht durch Einsatz von Wärmedämmung verbessert werden können, werden, durch den Rücklauf der Heizflächen temperiert, falls bauphysikalisch notwendig.

Die Fenster werden vollständig erneuert. Statt der vorhandenen Aluminiumfenster werden überwiegend spezielle Holz-Aluminium-Konstruktionen eingesetzt. Der Dämmwert der Fensterkonstruktion wird durch Verwendung einer Isolierverglasung mit zusätzlicher Vorsatzscheibe und wärmegeprägten Rahmen erheblich verbessert (Dämmwert $\sim 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$). Im Scheibenzwischenraum von Isolierglas und Vorsatzscheibe werden – vor Wind und Wetter geschützt – Verschattungslamellen mit Tageslichtlenkung eingebaut und bleiben somit weiterhin jederzeit zugänglich.

Die vorhandenen, bituminösen Dachabdichtungen werden durch Edelstahlbahnen in Rollnaht-Schweißtechnik ersetzt. Die Wärmeverluste im Bereich der Dachflächen werden dabei durch Einbau von 26 cm Mineralfaserdämmung wesentlich verringert.

Durch die Dämmung der Gebäudehülle in Verbindung mit einer wirksamen Verschattung werden Einwirkungen von außen weitgehend unterbunden. Dies wird dadurch unterstützt, dass jede Außenwand, gemäß den äußeren Einflüssen wie Sonneneinstrahlung oder Kälte zu unterschiedlichen Zeiten, mit der passenden Vorlauftemperatur gefahren wird.

Dies bedeutet, dass im Wesentlichen die internen Lasten (bedingt durch Personenbelegung, Beleuchtung und Bürotechnik) die Raumtemperaturen bestimmen.

Energieeffiziente Energieerzeugung

Konkrete Untersuchungen zeigen, dass durch Dämmmaßnahmen am Rathaus Aschaffenburg der Heizbedarf deutlich verringert werden kann. Diese Möglichkeiten sind jedoch begrenzt. Weitere Einsparungen sind mit baulichen Mitteln im Gebäudebestand kaum möglich. Ergänzend dazu bieten Effizienzsteigerungen im Bereich der Energieerzeugung, ein Potential das im Bereich der Nicht-Wohngebäude zunehmend an Bedeutung gewinnt.

Energieerzeugung Heizen /Kühlen

Das Kernstück der Energiezentrale ist ein erdgasbetriebenes BHKW mit etwa 50 kW Stromleistung. Bei der Stromerzeugung entsteht eine Abwärme von ca. 80 kW die im Winter direkt der Gebäudebeheizung dient und im Sommer über eine Absorptionskältemaschine 60 kW in Kälteenergie umgewandelt wird. Somit muss weder die Wärme im Winter noch die Kühle im Sommer gesondert erzeugt werden, sondern wird durch Kraft-Wärme-Kopplung gewonnen und in dieser Anlagenkonstellation sinnvoll in das Gesamtsystem eingebunden.

Der erzeugte Strom dient vorrangig der Deckung des Eigenbedarfs, nicht der Einspeisung und Vergütung in das öffentliche Netz. Da Strom durch den Betrieb von technischen Geräten wie Computer, Monitore, Kopierer, Aufzüge etc. im Gebäude zwangsläufig benötigt wird, handelt es sich bei dieser Wärmeenergie eigentlich

um ein Begleitprodukt, welches bei Großkraftwerken weitgehend ungenutzt bleibt (Erhöhung des Wirkungsgrades bei gekoppelter Energieerzeugung auf 90% anstelle von 60% bei modernen Kraftwerken).

Einbindung von Umweltenergie

Vorrangig wird zur Erzeugung von Kälteenergie für die Raumkühlung die freie Kühlung über ein Rückkühlwerk eingesetzt. Mittels einer Wärmepumpe werden zudem Umschichtungen der Temperaturebenen der Speicher vorgenommen. Der verbleibende Anteil am benötigten Gesamtbedarf, der im Jahresverlauf nicht hierdurch gewonnen werden kann, wird durch Betrieb der Absorptionskältemaschine abgedeckt.

Kältespeicherung in der Baumasse

In der Nacht wird durch mechanische Nachtlüftung (-> mittels Lüftungsanlage) und bei Bedarf durch Wand- und Deckenkühlung die Speichermasse des Gebäudes abgekühlt (-> „hybrides System“). Da jedoch im Rathausgebäude nur vergleichsweise geringe Speichermassen wirksam sind, genügt die nachts gespeicherte Kühle nicht, um die Wärmeeinträge des Tages auszugleichen. Daher wird ein zentraler Pufferspeicher im Kellergeschoss ergänzt, der im Tagesverlauf Kälteenergie zur Temperierung der Büroräume zur Verfügung stellen kann.

Speichertechnik

Ein überwiegender Teil der Stromverwendung findet tagsüber statt. Die Heizwärme wird jedoch kontinuierlich, d.h. auch nachts benötigt. Daher werden Puffersysteme eingesetzt, die die Abwärme des Tages aus dem Betrieb des BHKW nachts nutzbar machen.

Ähnliches trifft auf die Kälteproduktion im Sommer zu. Hier ist es notwendig, die Speicher im Dauerbetrieb kontinuierlich mit Kühle zu laden, um Lastspitzen abdecken zu können. Dabei ist ein zusätzlicher Eisspeicher erforderlich, um eine ausreichende Kältekapazität für Spitzenleistungen zur Entfeuchtung vorzuhalten.

Da bei niedrigeren Außentemperaturen der Nacht Kälteenergie über eine Wärmepumpe wesentlich effizienter erzeugt werden kann als bei hohen Tagestemperaturen, ist für diesen Einsatz die Möglichkeit der Energiespeicherung ebenso zweckmäßig.

Sommerliche Kältespeicherung

Die Absorptionskältemaschine kühlt das Kühlmedium auf etwa 8° C ab, d.h. ein Kaltspeicher würde minimal mit 8° C Kälte beladen werden können. Der Rücklauf aus Wand- und Deckenkühlung beträgt ca. 20-22° C. Dadurch könnte nur eine Temperaturdifferenz von 12-14° C genutzt werden, was entweder einen sehr großen Speichervolumen bedeutet oder bei eingeschränktem Platz nur eine geringe Speicherkapazität ermöglicht.

Es wird daher ein Eisspeicher eingesetzt, dessen Konstruktion den Phasenwechsel zwischen flüssigem und festem Zustand des Wassers berücksichtigt und die damit verbundene hohe Speicherkapazität nutzt wird auf gleichem Raum etwa die 5-fache Kälteleistung gespeichert werden.

Die Pufferkapazität umfasst ca. 1.100 kWh Kälteenergie. Während der Kühlphase wird zur Abdeckung der Grundlast die Kühle aus der Absorptionskältemaschine genutzt. Die Eis- bzw. Kaltspeicher können Kühlpitzen bis zu 350 kW Leistung abdecken.

Die Speicher dienen zur Verringerung von Lastspitzen, zur Pufferung der bei der Stromgewinnung anfallenden Energie und ermöglichen eine zeitversetzte Energieerzeugung und -verwendung.

Aufwand und Umfang der erforderlichen Gebäudetechnik werden somit reduziert und zusätzliche Belastungen des öffentlichen Stromnetzes in den kritischen Sommermonaten vermieden.

In Übergangszeiten wird es vorkommen, dass Außenwände der Südseite bereits leicht gekühlt werden, während an der Nordseite noch leicht geheizt wird. Wechselseitig werden nun Wärmegewinne der Südseite für den Bedarf der Nordseite verwendet, indem sie in den Speicher eingeschichtet werden.

Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung anstelle einer Klimaanlage

Da die Wärme- und Kälteenergie durch Temperierungsflächen an Wänden und Decken auf die Räume übertragen wird, kann eine Klimaanlage mit hohem Luftwechsel zum Energietransport vermieden werden. Es wird eine einfache Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung eingesetzt, die rein nach dem Frischluftbedarf der Nutzer bemessen wird. Das bedeutet, dass für das Gesamtgebäude anstelle einer Klimaanlage mit ca. 200.000 m³/h Luftvolumen (für den Energietransport mittels Luft) eine Lüftungsanlage mit ca. 25.000 m³/h zur Frischluftversorgung ausreicht.

Dies ist von Vorteil, da eine solche Klimaanlage mit ihren erforderlichen, großen Lüftungsrohrleitungen im Gebäudebestand grundsätzlich nicht integrierbar wäre.

Ebenso wird die komplexe Technik, wie Befeuchtung, Trocknung, Umluftfunktion, Heizung, Kühlung, UV-Bestrahlung etc., die als große, zentrale Anlagentechnik errichtet werden müsste, und viel Technikfläche benötigt, vermieden. Außerdem müsste beim Einbau dieser Klimaanlage das gesamte Gebäude in weiten Teilen gleichzeitig geräumt werden, was sehr kostenintensiv ist.

Im Falle des Rathauses Aschaffenburg werden Lüftungsgeräte mit energiesparenden Ventilatoren eingesetzt, die über eine Wärmerückgewinnung von über 80% verfügen. Die Innenräume werden dadurch kontrolliert mit Frischluft versorgt, erhöhte CO₂-Konzentrationen werden

durch Absaugen der Raumluft vermieden. Die in der Abluft enthaltene Wärme wird im Winter wieder hochwirksam auf die Frischluft übertragen, wodurch Wärmeverluste gegenüber einer konventionellen Fensterlüftung deutlich verringert werden.

Mess- und Steuerungstechnik

Um die eingesetzte Primärenergie effizient zu verwenden, bedarf es abgestimmter Steuerungsmechanismen. Diese Aufgabe übernimmt eine zentrale Gebäudeleittechnik. Die vorgesehene Mess- und Steuerungstechnik steuert die einzelnen Komponenten und berücksichtigt dabei im Vorgriff die Trägheit des Gebäudes. (Die Trägheit entsteht dadurch, dass durch die verbesserte Wärmedämmung das Speicherverhalten des Gebäudes in der Relation gesteigert wird und gleichzeitig geringere Heizleistungen nutzbar sind).

Es ist daher notwendig, die Steuerung mit Daten aus den Wettervorhersagen zu versorgen, die ca. 7 Tage vorausschauend den Heiz- bzw. Kühlbedarf berechnet. Um diesen Bedarf auf die jeweilige Situation im Gebäude abzustimmen, müssen mittels entsprechender Fühler und Rechenprogramme die unterschiedlichen Speicherinhalte ermittelt und dabei die laufende Wärme- bzw. Kälteproduktion berücksichtigt werden. Durch entsprechende Prozesssteuerung wird Nachtkühle über das Rückkühlwerk in die Kalt-Speicher transportiert und falls notwendig die Absorptionskältemaschine betrieben, um rechtzeitig den Eisspeicher zu beladen. Zu anderen Bedarfszeiten wird die Steuerung

erkennen, dass die Tagesleistung der Absorptionskältemaschine ausreicht und die weiteren Komponenten nicht benötigt werden.

Bei dieser Steuertechnik wird die ursprünglich ermittelte Heizkurve mit den zurückliegenden Daten abgeglichen und bei Bedarf korrigiert. Dadurch wird vermieden, dass eine einmal zugrunde gelegte, aber unpassende Heizkurve u. U. über die gesamte Nutzungsdauer für das Gebäude aufrechterhalten bleibt.

Des Weiteren regelt die Mess- und Steuerungstechnik die Hierarchie der Energiebereitstellung in Abstimmung mit der Speichertechnik. Zum Tragen kommen dabei Umweltaspekte, so dass regenerative und energieeffiziente Komponenten der Anlagentechnik vorrangig eingesetzt werden. Individuell werden Informationen zu Spitzenlasten, Tarifbedingungen etc. eingebunden.

Die Temperierungsflächen werden im Rahmen der Energieverteilung durch die Steuerungstechnik fassadenweise im Heiz- oder Kühlbetrieb angefahren. Das bedeutet, dass die temperierten Wandflächen entsprechend der unterschiedlichen Himmelsrichtungen mit jeweils einer eigenen Vorlauftemperatur versorgt werden, damit innerhalb des Gebäudes möglichst keine störenden Temperaturgefälle wirken.

Schaltbare Speicher

Die örtlichen Gegebenheiten und der Untergrund am Rathaus Aschaffenburg eignen sich nicht für Erdsonden, die eine außerordentlich günstige Möglichkeit zur Energiespeicherung für sommerliche Kühlung und winterliche Beheizung darstellen würden.

Mit entsprechenden Erdsonden wäre es möglich, Umweltenergie in größerem Umfang zu nutzen, saisonal zu speichern und dadurch den Primärenergiebedarf für Heizen und Kühlen stark abzusenken. Die Erdspeicher würden gewissermaßen eine schaltbare Ergänzung zur geringen Speichermasse des Gebäudes darstellen. Im Prinzip würde sich die fehlende Wanddicke durch die Erdmasse ergänzt. Am Rathaus Aschaffenburg werden daher die Speichermassen in Form von unterschiedlichen und schaltbaren Pufferspeichersystemen eingebunden.

Diese Pufferung in Verbindung mit einer speziellen, leistungsfähigen MSR-Technik mit integrierten Wettertrends und einer sich selbst verbessernden Heizkurvenprogrammierung ergänzt das relativ geringe Gebäudebaumassen-Speichervermögen.

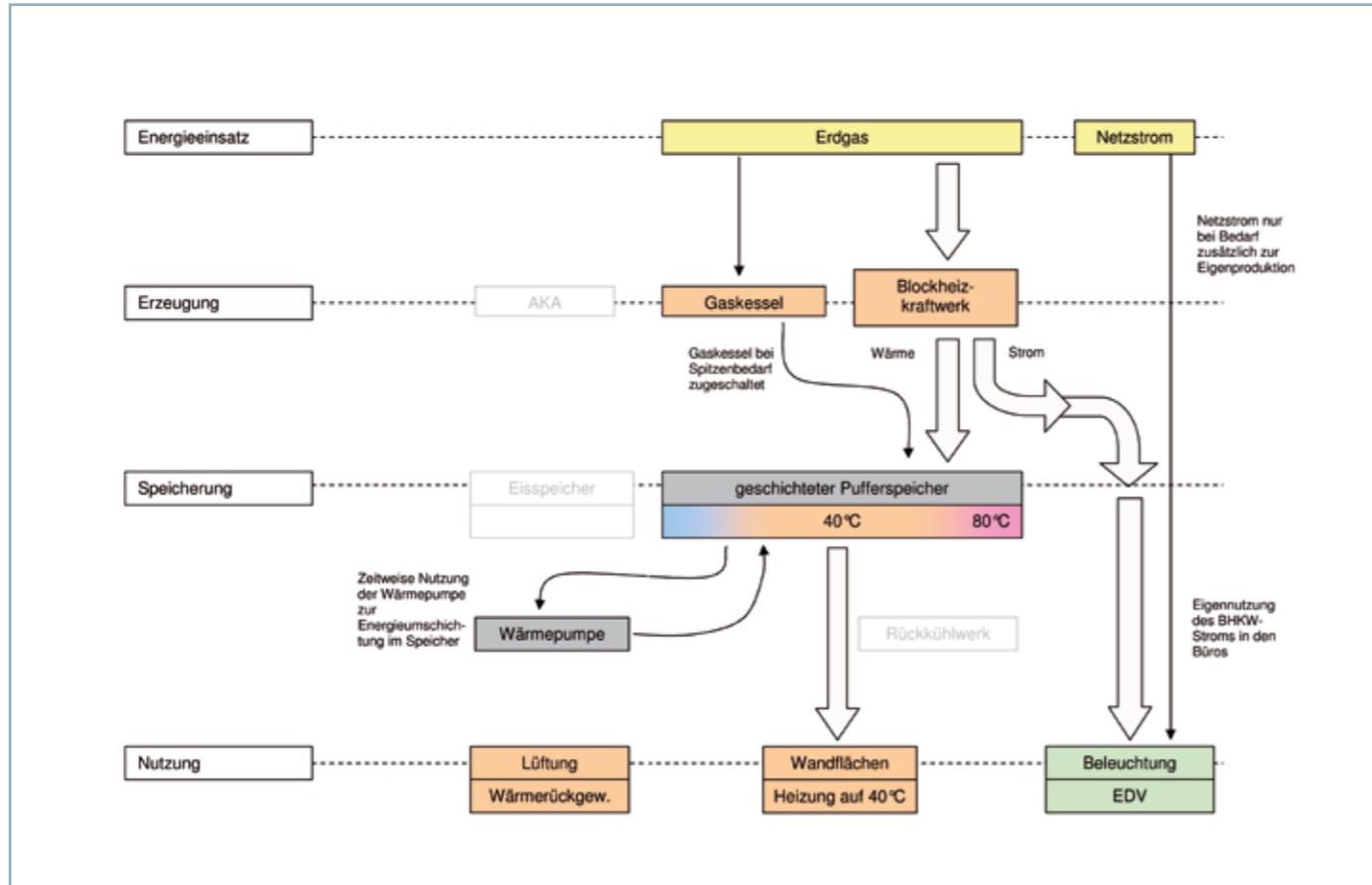
Das heißt, das Energiekonzept ist dynamisch ausgerichtet und reagiert zonenweise auf die Nutzernotwendigkeiten und auf das Außenklima.

Durch die simultane und vorausschauende Betriebsweise können anfallende Leistungsspitzen von 350 kW im Kühlfall abgefangen werden. Die Kühlung wird

nicht erst dann betrieben, wenn es bereits in den Büroräumen zu warm ist und somit bei hohen Außentemperaturen Kälte gewonnen werden muss, was einen erhöhten Primärenergieeinsatz verursacht.

Durch Klimavorhersagen und rechnergestützte Erfahrungswerte wird vorausschauend mit Nachtkühle über das Rückkühlwerk bzw. Absorptionskälte, Kälte bzw. Eisspeicherbevorratung für den folgenden Tag angelegt. Dadurch werden Verbrauchsspitzen zu den Zeiten vermieden, zu denen auch alle anderen konventionellen Verbraucher beitragen.

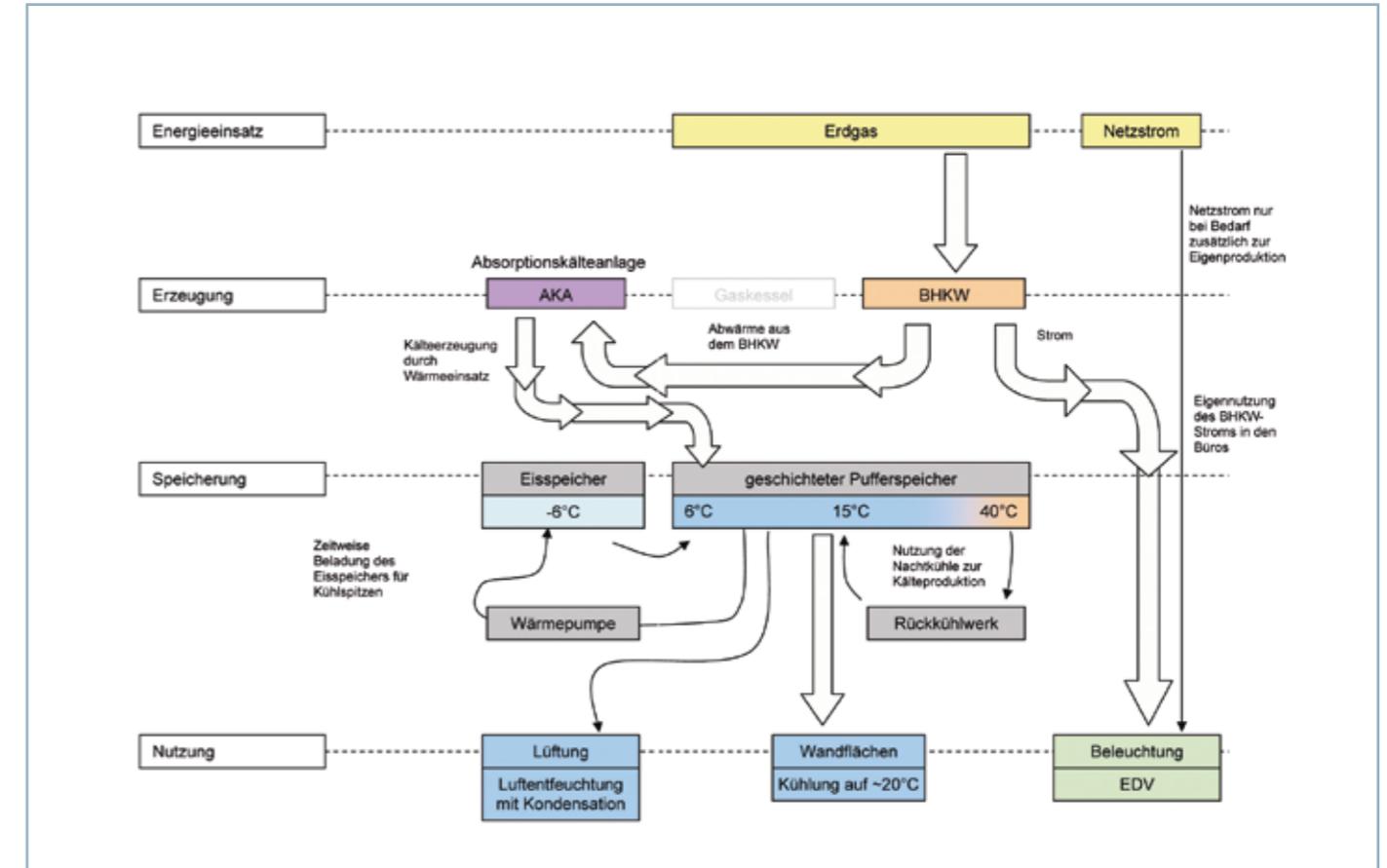
Funktionsschema Winterfall (Heizen)



Betrieb im Winter

Im Winter fällt bei der Stromerzeugung im eigenen BHKW Wärme an. Diese Wärme wird je nach Bedarf in Pufferspeichern eingelagert und zur Beheizung der Büroräume über die Temperierungsflächen an

Wänden und Decke verwendet. Der dabei zugleich erzeugte Strom wird zum Betrieb der eigenen EDV-Anlagen und Beleuchtung verwendet.



Betrieb im Sommer

Im Sommer wird durch ein Rückkühlwerk die natürliche Kühle der Nacht zur Kälteerzeugung genutzt und in Pufferspeichern zwischengelagert. Durch eine Absorptionskältemaschine wird die bei der

Stromerzeugung im BHKW gewonnene Abwärme zur Erzeugung von Kälte genutzt und unterstützt dadurch die Kühlung des Gebäudes.

Fazit zum Energiekonzept

Primärenergieverbrauch

Ein hoch wärmedämmtes Bürogebäude stellt andere Anforderungen an Heiztechnik und Energieeinsatz als ein undichtes, schlecht gedämmtes Gebäude.

Der Energiebedarf zur Beheizung (hier: der Verbrauch an Erdgas) kann deutlich reduziert werden.

Durch Dämmmaßnahmen tritt ein Verzögerungseffekt ein, mit der Folge, dass die gesamte Baumasse sich langsamer auskühlt oder erwärmt, die Innenraumsituation wird träger. Somit entfallen hohe Vorlauf-Temperaturen bei Spitzenleistungen, die Verwendung von Niedertemperatur- bzw. Brennwerttechnik wird möglich.

Separat betrachtet werden muss jedoch der Energiebedarf zur Gebäudekühlung, der ebenfalls beachtlich zum Gesamtenergieverbrauch beiträgt.

Für die Erzeugung der Kälteenergie wird im allgemeinen Strom als Energieträger eingesetzt, der bei Bezug aus dem Stromnetz mit einem hohen Primärenergieaufwand in Großkraftwerken erzeugt wird (ca. Faktor 3)

Der Stromverbrauch, der neben der Raumbelichtung und Klimatisierung auch für Arbeitsmittel wie Computer und Bildschirme anfällt, ist unter ökologischen Gesichtspunkten aufgrund des größeren Primärenergieanteils für den nachhaltigen Gebäudebetrieb ebenso wichtig, wie der

Einsatz konventioneller Energieträger wie Erdgas.

Der Schlüssel zur Absenkung des Primärenergieverbrauches ist daher neben einer Reduzierung des Heizenergieverbrauches ebenso eine effiziente Energieverwendung, insbesondere von elektrischem Strom.

Daher empfehlen sich der Einsatz von Tageslichtlenkung und effizienter Beleuchtung, energiesparender IT-Technik sowie ein hoher Anteil mittels Kraftwärmekopplung erzeugtem Strom.

Nutzung von Synergien

Effizienzsteigerungen sind nur durch ein gezieltes Zusammenspiel aller Komponenten erreichbar. Dabei sind im Gesamtsystem möglichst Synergieeffekte zu nutzen.

Das „Zusammenwirken“ einzelner Faktoren wird als Synergie-Effekt bezeichnet.

Dies bezieht sich nicht nur auf den energetischen Bereich, sondern ist weit reichender gefasst. Hierbei werden zusätzlich zu der energieeffizienten Heiztechnik Bauteile mehrfach genutzt. Die Gesamteffizienz einer Wärmepumpe wird sehr stark gesteigert, wenn diese nur einen geringen Temperaturhub leisten muss. Höhere Temperatur werden durch die Abwärme des BHKWs gedeckt. Um diese im Niedertemperaturbereich sinnvoll nutzen zu können, ist eine Flächenheizung notwendig. Dies sollte auch bei der Auswahl des Heizsystems sinnvoller Weise berücksichtigt werden.

So können mit denselben Wandheizflächen die Büroräume geheizt und gekühlt werden und durch die Wärmepumpe je nach Bedarf Wärme oder Kälte erzeugt werden.

Beim Austausch von Fensterkonstruktionen sollte z.B. auf einen langlebigen Baustoff und einen besten Dämmstandard, in Kombination aus Verglasung, Randverbund und Rahmen Wert, gelegt werden. Darüber hinaus lassen sich durch weitere Maßnahmen zusätzliche Vorteile gewinnen: Wird vor eine Isolierverglasung eine zusätzliche Vorsatzscheibe gesetzt, bietet diese Verbundkonstruktion einen wesentlich besseren Wärmeschutz. Gleichzeitig kann bei dieser Konstruktion auch eine Jalousie im Zwischenraum zwischen den Scheiben eingebaut werden, die jederzeit zugänglich bleibt und bei Bedarf gewartet werden kann.

Die vorgesetzte Glasscheibe ermöglicht mit einfachen Mitteln die Nutzung der Jalousie unabhängig von der Witterung. Eine aufwändige Steuerungstechnik ist nicht notwendig, da die Lamellen nicht Wind und Wetter ausgesetzt sind. Besonders in den oberen Stockwerken müsste eine Außenjalousien zum Schutz vor Beschädigungen häufig eingefahren werden und das auch bei Sonnenschein.

Gleichzeitig kann hier eine besonders ausgebildete Lamelle zur Tageslichtlenkung eingesetzt werden, da diese innerhalb der Konstruktion vor Verschmutzung geschützt ist.

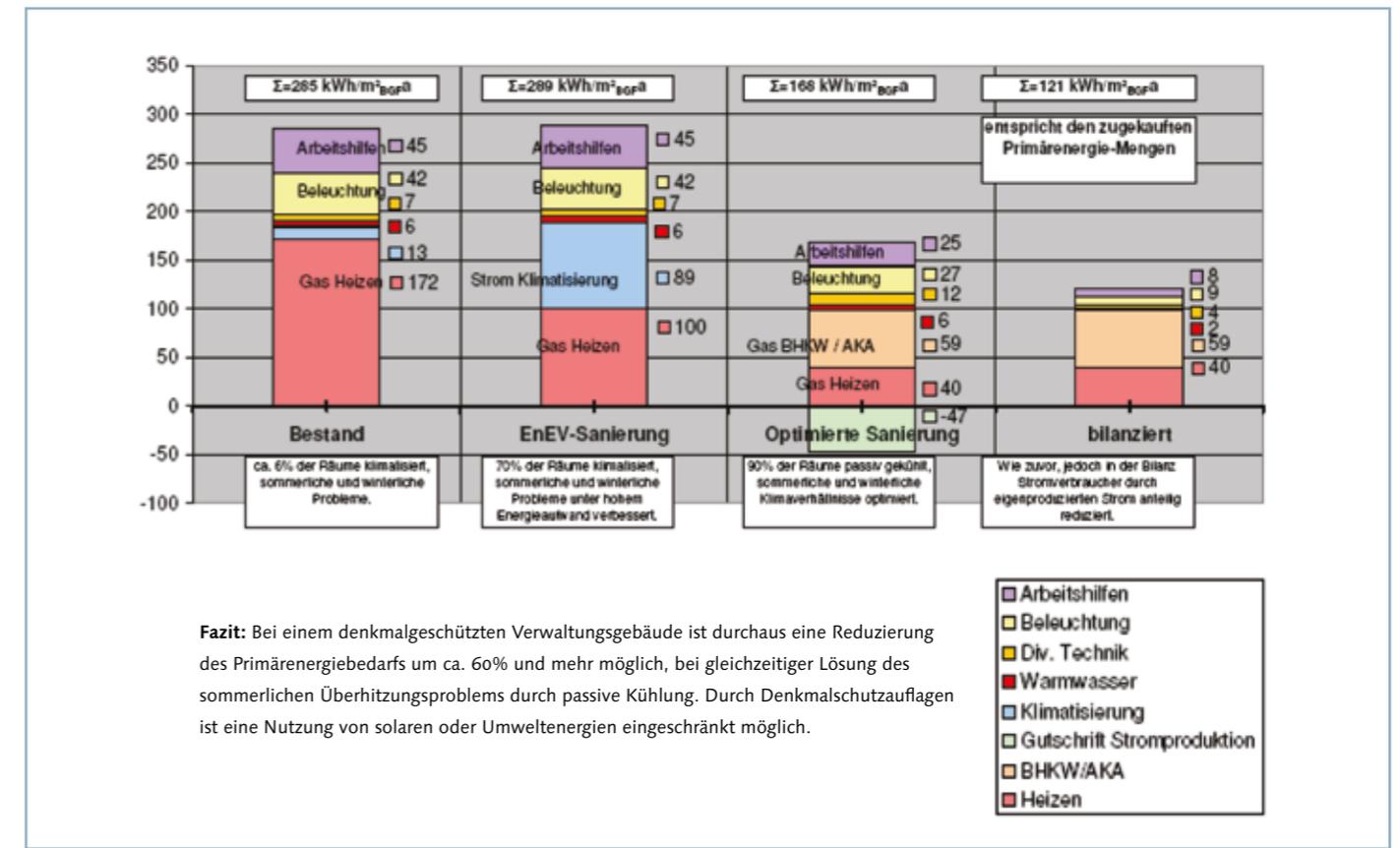
Diese Lichtlenkung von Tageslicht führt zu einer Einsparung von elektrischem Strom und verringert auch die interne Wärmelast durch Kunstlicht.

Außerdem wird durch die integrierte Jalousie ein vorgehängtes Jalousiesystem vermieden, das durch Führungsschienen, Befestigungen und Jalousieblenden die Außenscheinung stört.

Technische Lösungen für den Gebäudebetrieb

Im ersten Moment erscheint eine erweiterte Techniklösung im Gegensatz zu einem „üblichen“ Heizkessel und zu einer „üblichen“ Klimaanlage als kompliziert. Bei einer näheren Betrachtung zeigt sich jedoch, dass sich lediglich Verschiebungen in der Technikinstallation ergeben. So ist

die Lüftungsanlage bei gleichzeitig besserem Komfort weitaus unkomplizierter und einfacher einzubauen und zu betreiben, als eine hochkomplexe Klimaanlage mit dem Nachteil der hygienischen Probleme und der großen Luftmengen. An-stelle einer großen Heizungsanlage, die meistens aus mehreren Kesseln besteht, sind im Rathaus Aschaffenburg ein Kessel und ein BHKW vorgesehen.



Primärenergiekennwert (kWh/m²BGFa)

Die Absorptionskältemaschine als zusätzliches Gerät zur Gebäudekühlung erscheint als besser handhabbar im Vergleich zum jetzigen technischen Aufwand für 22 unterschiedliche dezentralen Kältemaschinen.

Effiziente Energienutzung spart Energie und reduziert Umweltbelastungen und Kosten. Ein Teil der finanziellen Ersparnis wird für eine intensivere Betreuung der Gesamtanlage notwendig; der Aufwand dafür bleibt jedoch „im Land“ und ist nicht klimaschädlich.

Die einzelnen Komponenten sind keine Prototypen; jedoch benötigt die Steuerung und die hydraulische Verbindung der einzelnen Komponenten einen erhöhten Planungsaufwand und eine anfängliche Nachbeobachtung und Betreuung.

Installierte Leistung

Bisher wurde das Rathaus mit einer Kesselleistung von 1.800 kW versorgt; in Zukunft wird der Spitzenkessel, der neben dem BHKW von 80 kW betrieben wird, eine Leistung von etwa 100 kW haben. Bisher haben ca. 20 dezentrale Kältemaschinen mit 82 kW Stromaufnahme ca. 6% des Rathauses gekühlt; in Zukunft wird bei ähnlicher Spitzenleistung das gesamte Rathaus gekühlt.

Photovoltaik

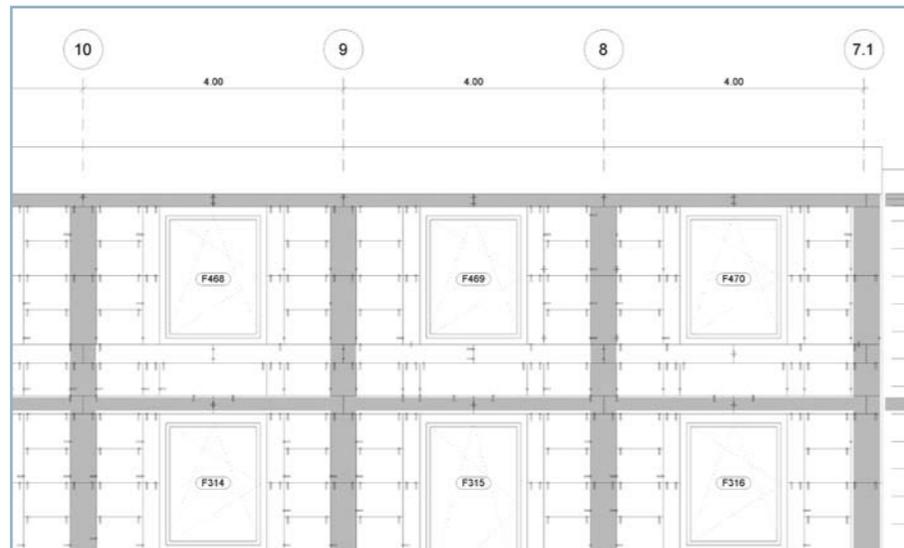
Zur weiteren Reduzierung des Primärenergiebedarfes und zum Beitrag für eine eigenständige Stromversorgung ist eine Photovoltaikanlage sinnvoll. Aus Gründen des Stadtbildes und Denkmalschutzes werden diese nur auf nicht einsehbaren Dachflächen angebracht.

Passivhausstandard

Erreicht das entwickelte Konzept Passivhausstandard? Alle baulichen Möglichkeiten am Gebäude werden ausgeschöpft um einen wesentlichen Beitrag zur Verbrauchsreduzierung erbracht. Es werden jedoch besondere Maßnahmen notwendig, um nicht umsetzbare Dämmstärken durch Effizienzsteigerungen in der Technik und Einbindung von Umweltenergie bzw. Prozesswärme auszugleichen.

Verantwortungsbewusstes Handeln erfordert, mit mehr Ingenieurwissen Effizienz Energie zu nutzen, als aus Bequemlichkeit einen höheren fossilen Energieverbrauch in Kauf zu nehmen.

Sandsteinfassade, Plattengliederung mit Befestigungsmitteln und Stahlbetontragwerk (grau)



Ergebnisse zu technischen Detailfragen

Sandsteinfassade

Zur weiteren Entwicklung von Sanierungskonzept und Detaillösung im Bereich „Fassade mit Fenstern“ war es notwendig, das vorliegende statische Gutachten zu ergänzen und zu vertiefen.

Daher wurde zur Untersuchung und Bewertung der Situation ein erfahrener Steinmetz eingeschaltet, der die handwerkliche Vernetztechnik kannte. Des Weiteren wurden der damaligen Steinlieferanten und Fassadenbauer eingebunden und Informationen bei Ankerherstellern eingeholt. Diese Überprüfung ergab, dass die Sandsteinfassade in handwerklicher Art schichtweise versetzt wurde. Die Fassadenplatten sind „knirsch“ aufeinander gesetzt, teilweise durch Bleiplättchen ausgerichtet. Fugen zwischen den Platten wurden nicht deutlich ausgebildet und sind äußerst knapp.

Die Bauweise unterscheidet sich deutlich von heutigen Konstruktionen, bei denen jede Natursteinplatte gesondert durch Anker befestigt wird und die breite Fugen zwischen den Platten aufweisen.

Die Sicherung gegen Verkippen der Sandstein-Platten erfolgt durch s-förmig gebogene, feuerverzinkte Rundstahl-Anker. Der Lastabtrag findet durch diese Halteanker in Verbindung mit einer Abtragung von Platte zu Platte und Ablastung auf horizontale, auf der Decke rückverankerte Winkeleisen statt.

Diese Feststellungen wurden gezielt vor Ort an kritischen Stellen überprüft und haben sich bestätigt.

Da bisher ca. 5% der Fassadenfläche Schäden aufweisen, sind diese handwerklich zu reparieren. Die Fassade kann so den Denkmalschutzbestimmungen entsprechend in situ erhalten werden.

Eine Erneuerung der Sandsteinfassade mit Außendämmung, die das Erscheinungsbild verändern würde, kann durch Innendämmung vermieden werden und ist somit nicht notwendig.

Die Energieeinspar-Verordnung (ENEV) bietet für denkmalgeschützte Objekte zwar die Möglichkeit einer Ausnahme. (D.h. es müssen keine Dämmmaßnahmen durchgeführt werden).

Dadurch bleibt die Gestaltqualität und kulturelle Wertigkeit von Denkmälern gewahrt, allerdings wird ein enormes Einsparpotential im Gebäudebestand nicht genutzt.

Diese Option stellt für eine umfassende Sanierung jedoch keine Alternative dar, da die Zielsetzungen in sozialer, ökonomischer und ökologischer Hinsicht nicht erfüllt werden können (Es bestehen weiterhin hohe Verbrauchskosten, Überhitzung und Umweltbelastung).

Dies führt zwangsläufig zur Idee der Innendämmung.

Neben der Tragsituation und Fassadenzustand musste für den Erhalt der Fassade geklärt werden, mit welchen innenräumlichen Mitteln die Gesamtprobleme zufriedenstellend behoben werden können. Ebenso ob zusätzliche Maßnahmen zur Fassadensicherung, wie z.B. Rückverankerungen, notwendig werden, die sich auf den Innenraum erstrecken. Dies war insofern von Bedeutung, da diese Maßnahmen vor Aufbringen der Innendämmung und Einbau der Temperierungsflächen erfolgen mussten.

Die Untersuchung zeigte, dass keine innenräumlichen Maßnahmen notwendig sind und die im Rahmen einer Sanierung erforderlichen Reparaturen durch lokale Verankerungen von außen durchgeführt werden können.

Durch die Einbausituation der Fenster wird über Lüftungsschlitze im Sturzbereich sichergestellt, dass die Fassade konsequent hinterlüftet wird, was zur Dauerhaftigkeit der Anker beiträgt.

Für Außenfassade wichtig:

- Erhalt der Fassade ist möglich
- Die charakteristische Sandsteinfassade mit geringer Konstruktionstiefe und knappen Fugen kann erhalten bleiben, zusätzliche Unterteilungen der Fensterflächen sind nicht notwendig.
- Energetische Maßnahmen können raumseitig durchgeführt werden. Es entstehen keine übermäßigen Belastungen durch Betriebskosten um einen zufrieden stellenden Komfort zu gewährleisten.

Nicht nur das Tragverhalten bestimmen den Erhalt der Sandsteinkonstruktion, sondern auch Bauphysik, Raumkomfort, Wirtschaftlichkeit und Umweltbelastung.



Fassadenausschnitt des Hauptgebäudes

Innendämmung in Kombination mit einer Temperierung

Zur Einsparung von Energie zeichnete sich die Dämmung der Außenwände von innen frühzeitig als wichtige Maßnahme ab. Diese Art der Dämmweise fordert wesentlich stärker als beispielsweise eine Außendämmung konstruktive und bauphysikalische Auseinandersetzung im Detail.

Der Umgang mit Innendämmmaßnahmen wird in der Lehre oftmals nur angerissen. Die einschlägige Fachliteratur und Publikationen im Bereich Bauphysik und Konstruktion weisen zum Thema „Innendämmung“ von Bauteilen allgemein auf eventuelle Probleme hin. Diese bestehen vor allem in Kondensatbildung aufgrund undichter Detailschlüsse

Die Art und Weise einer temperierten Innendämmung stellt eine Sonderlösung dar und wird in der Fachliteratur bislang nicht näher aufgeführt.

Zurzeit bestehen von unterschiedlicher Seiten Bestrebungen, Innendämmungen von Bestandsgebäuden praktikabel und praxisgerecht umzusetzen.

Detaillösung

Kondensatbildung und Wärmebrückeneffekt, die in diesem Zusammenhang entscheidend sind, wurden mittels computergestützter Berechnungsprogramme simuliert und bewertet. Dabei wurden – anders als bei bisherigen Bewertungsansätzen wie z.B. nach Glaser dynamische Vorgänge im Bauteil mittels Computer simuliert.

Wärmebrücken

Für die signifikanten Detailpunkte wurden daher die Wärmebrückeneffekte untersucht, Isothermenverläufe dargestellt und Oberflächentemperaturen ermittelt, um Kondensatbildung an den Bauteiloberflächen ausschließen zu können.

Bei Oberflächentemperaturen von über 14° C wird sichergestellt, dass an der Bauteiloberflächen kein Tauwasser anfällt, die Bildung von Schimmelpilzen verhindert wird und ein guter Nutzerkomfort gewährleistet ist.

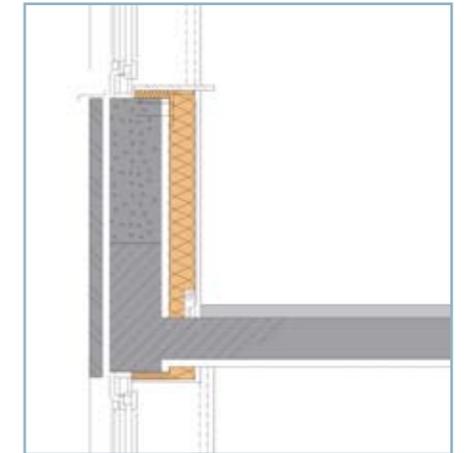
Energieverbrauch der Gebäudehülle

Da der Energieverlust durch Wärmebrücken bei Innendämmungen höher ist als bei Außenwanddämmungen, ist bei der Planung eine sorgfältige Detaillierung insbesondere unter Berücksichtigung der Wärmebrückeneffekte besonders wichtig. Hier wirken sich „durchstoßende“ Bauteile wie Geschossdecken oder Innenwände stärker aus.

Die Situation der Wärmebrücken wurde anhand eines Fassadenausschnittes berechnet und diente zur genaueren Bewertung des Heiz-/Kühlenergiebedarfes.

Varianten

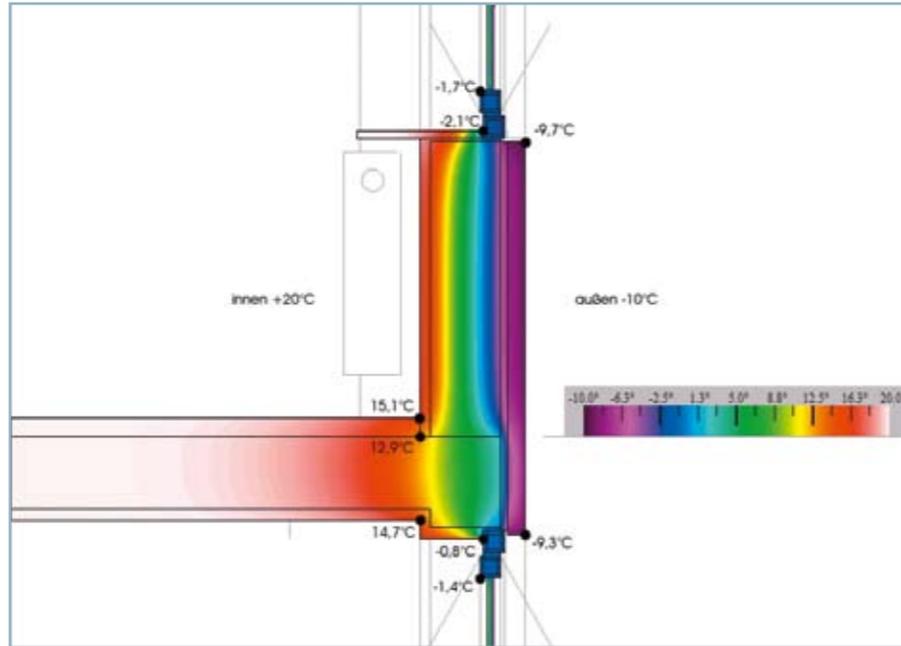
Grundsätzliche Lösungsmöglichkeiten wurden in Hinblick auf Konstruktion, Materialität des Dämmstoffes und der geeigneten Materialdicke untersucht. Dabei fiel die Entscheidung auf eine kapillaroffene Konstruktion.



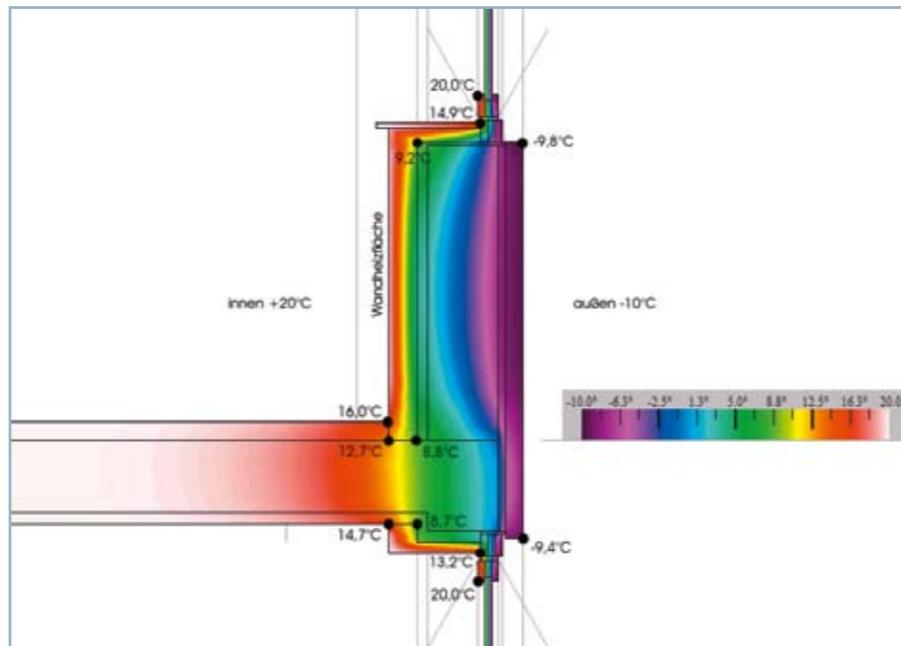
Schemaschnitt Innendämmung

Wärmebrückensimulation zur Bewertung von unterschiedlichen Wandkonstruktionen

Oberflächentemperaturen an Wandflächen ohne innenseitige Wärmedämmung



Oberflächentemperaturen an Wandflächen mit 10cm Innendämmung, Temperierungsleitung an Stahlbetonüberzug



Welcher Text soll hier erscheinen?

Tauwasserthematik

Eine mögliche Tauwasserbildung im Bauteil selbst wurde bauphysikalisch bewertet und mittels Softwareprogrammen genau untersucht. Der Temperatur- und Feuchtigkeitsverlauf innerhalb der Wand wurde mit verschiedenen physikalischen Simulationsprogrammen dargestellt.

Nachgebildet wurde das Feuchtigkeitsverhalten der Wandkonstruktionen mittels WuFi 3.3 im linearen Bauteilquerschnitt. Mit dem Simulationsprogramm Delphin wurde eine zweidimensionale Beurteilung der baulichen Situation an Materialwechseln im Bereich Fenster, Stütze, Sturz durchgeführt. Herkömmliche Verfahren z.B. nach Glaser erfassen diese Kapillarität und unterschiedliche Bedingungen im Jahresverlauf nicht.

Die Simulation erbrachte das Ergebnis, dass keine Tauwasserproblematik im Bauteil entsteht: Tauwasser fällt zwar wie bei vielen üblichen Konstruktionen an, jedoch ohne weitere Konsequenzen für Bauwerk und Nutzer. Aufgrund der Kapillarität des Dämmstoffes wird Feuchte, die im Übergangsbereich zwischen Dämmstoff und bestehendem Untergrund anfällt, im Dämmstoff aufgenommen und flächig verteilt. Der Leichtputz im Innenraum ist wie der Dämmstoff selbst mineralisch und absorptionsfähig.

Aufgrund des geringen Wasserdampfdiffusionswiderstandes der Konstruktion kann daher anfallende Feuchtigkeit wieder (in den Innenraum) verdunsten, wodurch keine Schädigung des Bauteils durch dauerhafte Feuchteinlagerung entsteht.

An den kritischen Punkten der einbindenden Stahlbetondecken kann die gewählten Bauweise und Dämmstoffdicke „im Bezug auf Tauwasserbildung als unbedenklich eingestuft werden.“ (Zitat Prüfbericht – Klimasimulation 12.10.2005, Xella Technologie + Forschungs - GmbH)

Durch Vermeidung von Hohlräumen kommt es auch im Inneren der Gesamtwand nicht zu Kondensatbildungen.

Integriertes Temperierungssystem zum Heizen und Kühlen

Im Dialog mit der Firma Xella wurden so für den gewählten Dämmstoff aus Kalzium-Silikat Dämmplatten die Einsatzbedingungen und geeignete Dämmstoffdicke genau ermittelt.

Die Kombination von 10 cm dicken, kapillaroffenen Mineraldämmplatten mit integrierten Kapillarrohrleitungen zur Temperierung weist als Innendämmsystem keine Probleme auf.

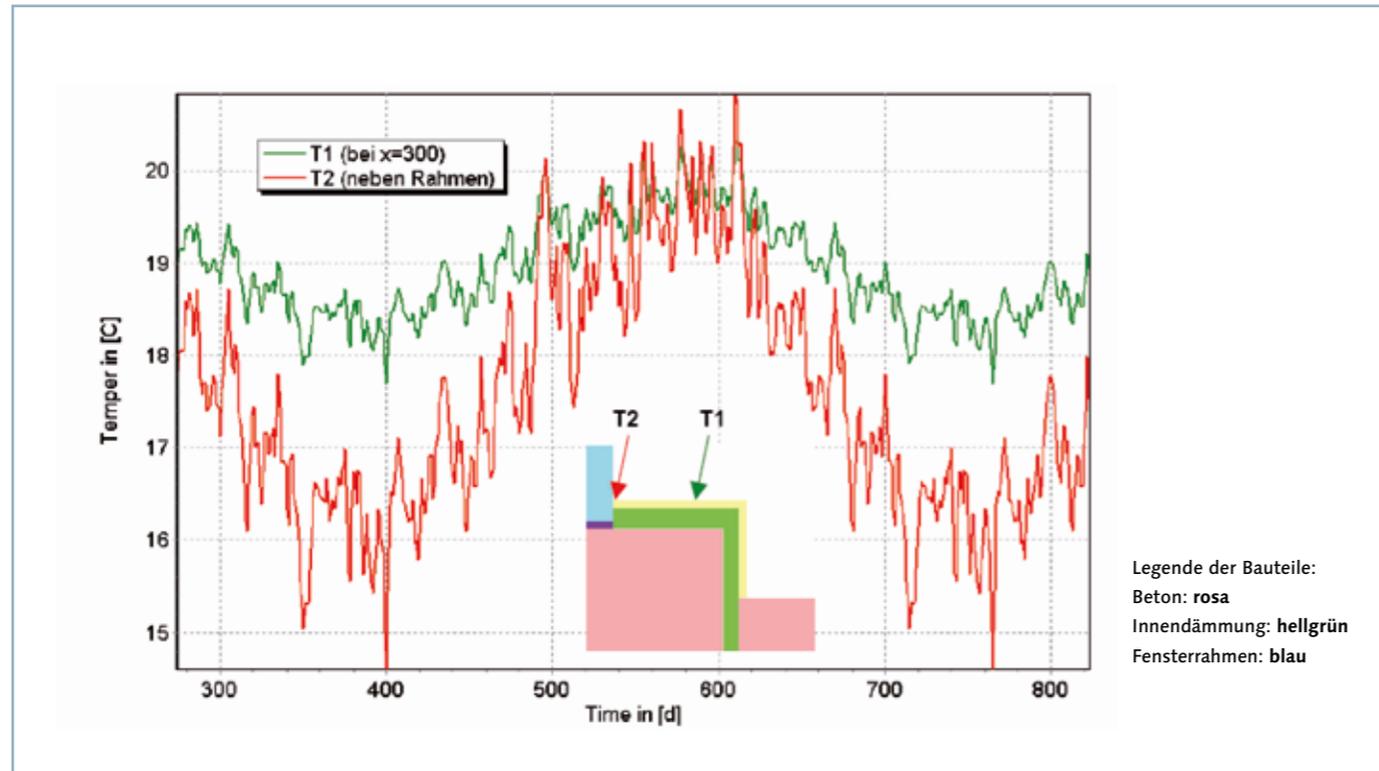
Vorteile der Temperierung

Die Oberflächentemperatur der Wand ist höher als die Raumlufttemperatur. Dadurch ist Kondensatanfall an der Oberfläche unterbunden.

Durch den hohen Anteil an Strahlungswärme des Temperierungssystems ist ein geringerer Heizbedarf nötig. Eine Kühlung der Räume ist im Sommer im gleichen System möglich. Dadurch wird eine aufwändige Klimaanlage vermieden und die momentane Nutzungssituation wesentlich verbessert

Durch die flächige Anordnung und verbesserte Wärmedämmung entsteht ein ausgewogenes Raumklima ohne extreme Belastungen in Teilbereichen.

Zeitlicher Temperaturverlauf an der Innendämmung



Simulation einer Wandtemperierung mit Wandtemperierung zur Beheizung im Winter (30°C) und Kühlung im Sommer über einen Zeitraum von 3 Jahren. Zur zweidimensionalen Untersuchung der entstehenden Tauwassermengen an kritischen Detailpunkten wurde das Programm Delphin angewendet.

Dargestellt ist die Oberflächentemperatur an der Bauteiloberfläche für die unterschiedlichen Bereiche T1 (Stützenbereich) und T2 (Übergang Fenster). Die simulierte Oberflächentemperatur liegt im ungünstigsten Fall bei über 14,6°C. Dadurch besteht keine Gefahr von Kondensat und Tauwasserbildung.

Die relative Feuchte in der Innendämmung liegt unter 75%. Dadurch besteht Sicherheit vor Kondensat auch an einbindenden Bauteilen.

Praxiseinsatz

Wandfläche

Das vorgeschlagene Dämmverfahren wurde in Verbindung mit einem Temperierungssystem bereits in zwei Bauabschnitten umgesetzt:

Die äußeren Wandflächen wurden dabei mit 10cm dicken mineralischen Dämmstein (WLG 0,045 W/mK) innenseitig gedämmt.

Die Platten sind kleinteilig (60cm x 39cm) und lassen sich einfach von Hand verarbeiten.

Die Dämmsteine wurden auf ebenem, tragfähigem Untergrund (bestehend Innenputz, neuer Ausgleichsputz oder Mauerwerk) mit einem speziellen Leichtmörtel vollflächig verklebt.

Anschließend wurde flächig ein Armierungsgewebe zum Schutz aufgebracht, in einem leichten kapillaroffenen Spachtelmörtel eingebettet und inklusive der Dämmsteine im Untergrund mit Schraubdübeln befestigt.

Nach der Armierung wurden Kapillarrohrleitungen aus Kupfer zur Temperierung der Wandflächen eingebaut und mit Leichtputz mit Faserzuschlag in zwei Arbeitsgängen eingeputz. Dieses flächige Temperierungssystem übernimmt sowohl Heiz- als auch Kühlfunktionen.

Die ovalen Kapillare der vorgefertigten Module (Abmessungen ca. 76cm x 60cm) liegen eingebettet in der Putzebene. Vor- und Rücklaufleitungen wurden in den Dämmstein integriert. Ein zusätzlich beige-mischer Lehmanteil erhöht die Wärmeleitung und somit die Wirkung der Temperierung.

Kleinere Aussparungen (z.B. für die 10 mm Vor- und Rücklaufleitungen der Module), wurden von Hand nach der Montage der Platten durch einfache Schablonen hergestellt.

An Stützen

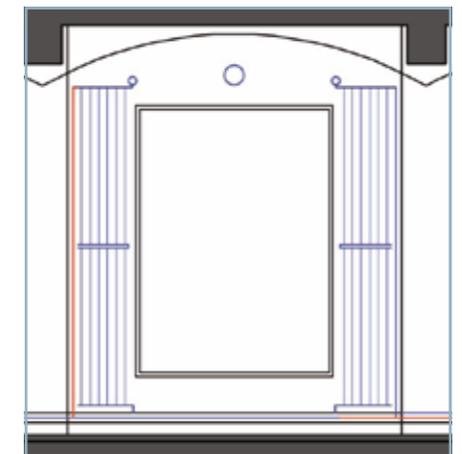
In publikumswirksamen Bereichen wurde die Dämmstoffdicke an hervortretenden Stützen teilweise variiert, um dem ursprünglichen Raumeindruck gerecht zu werden.

An Leibungen

An Fensterleibungen konnte konstruktionsbedingt nur mit geringeren Dämmstoffdicken von 3 bis 4 cm gearbeitet werden. Reguläre Dämmstoffstärken waren zum Zeitpunkt des ersten Bauabschnittes allerdings erst ab 6 cm Dicke verfügbar. Daher wurden die Leibungsplatten hierfür von der ausführenden Firma aus regulären Dämmplatten ausgesägt, was aufgrund der geringen Leibungstiefe (< 20cm) möglich war. Zwischenzeitlich sind im gleichen System auch speziell angefertigte Leibungsplatten (WLG 050) verfügbar, bei einer Dicke von 2cm.



Temperierungsleitungen vor dem Einputzen



Schemaschnitt Kapillarrohrleitung
 36 mm Abstand
 25 m Abwicklungslänge pro m²

Fensterkonstruktion

Probleme im Bestand

Die bei einer Größe von 1,60 x 2,10 m großformatigen, ungeteilte Fenster bestimmen gemeinsam mit der Sandsteinfassade die äußere Erscheinung des Denkmals. Die Lebensdauer dieser Fensterkonstruktionen ist weitgehend aufgebraucht. Teilweise mussten schadhafte Fensterflügel aufgrund von Kontaktkorrosion bereits provisorisch gesichert und fest mit dem Rahmen verschraubt werden. Ein Hauptproblem der bestehenden Fenster stellt die sehr schlechte Wärmedämmung dar: Die Fenster haben ungedämmte Aluminium-Rahmen mit Stahlkern und sind teils einfach, teils doppelt verglast (alte Isolierverglasung). Im Winter entstehen durch die hohe Wärmeleitfähigkeit sehr kalte Temperaturen an den Oberflächen, so dass die Raumluft kondensiert und teilweise gefriert. Der Fensteranschluss an das Bauwerk ist einfach beigeputzt, zudem schließen die Wendeflügel nicht dicht. Teilweise wurden an sehr großen Elementen mechanische Lüftungsgitter zur Zwangslüftung integriert. Bedingt durch Undichtigkeiten und kalte Oberflächentemperaturen treten in den Räumen starke Zuglufterscheinungen auf.

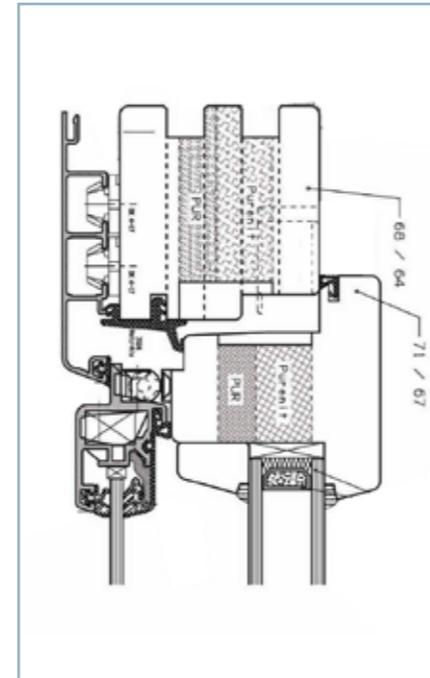
Aufgrund der starken Überhitzung der Büroräume wurden im Lauf der Jahre Außenjalousie nachgerüstet und auf die Fensterflügel aufgesetzt. Diese Maßnahme hat die Außenscheinung stark verändert, konnte jedoch das Problem der starken Sonneneinstrahlung nicht zufrieden stellend verringern: Die Außenjalousie

werden manuell betrieben und müssen daher zum Schutz vor Witterungseinflüssen außerhalb der Arbeitszeiten geöffnet bleiben. Bei zu Lüftungszwecken geöffneten Fenstern ist die Verschattung ebenfalls nicht wirksam, da sie auf dem Flügelrahmen montiert ist.

Detaillösung

Aktuelle Möglichkeiten, wie Aluminium-, Stahl- und Holzkonstruktionen wurden als Varianten für die benötigten Fensterkonstruktionen gegenübergestellt und bewertet.

Unter Berücksichtigung von Aspekten wie Außenscheinung, Dämmeigenschaften, Tragverhalten, Kosten, Wartungsaufwand etc. wurde eine Holz-Aluminium-Konstruktion für die überwiegende Anzahl der Büroräume als Ausführungsstandard festgelegt. Näher wurde untersucht, wie sich durch unterschiedliche Maßnahmen die Wärmedämmwerte solcher Konstruktionen verbessern lassen. (Verglasungsstandard, wärmegeämmte Aluminiumschale, wärmegeämmter Rahmenkante, warmer Randverbund)



Schemaschnitt Fensterkonstruktion mit Einbausituation Massivbau

„2+1“ - Verbundfenster mit wärmegeämmten Rahmen

Zur Ausführung vorgeschlagen wurde eine Holz-Aluminium-Konstruktion mit einem „2+1“-Verbundfensterflügel und wärmegeämmtem Rahmenbereich. Durch die neue Fensterkonstruktion kann die energetische Situation wesentlich verbessert werden. Der U-Wert der Verglasung wird gegenüber dem Bestand von 2,9 auf 0,95 W/m²K gesenkt. Energieverluste werden dadurch deutlich verringert. Der Komfort für die Nutzer wird gesteigert, da Oberflächentemperaturen über 16° C liegen. Somit entsteht ein Temperaturniveau an Bauteiloberflächen ohne allzu große Differenzen zur Raumluft. Kondensatausfall wird vermieden. Ebenso treten die früheren Zuglufterscheinungen aufgrund von Undichtigkeiten nicht mehr auf, da die Fenster in sich winddicht ausgeführt werden und luftdicht an das Bauwerk angeschlossen werden.

Als sehr vorteilhaft stellt sich bei dieser Konstruktion dar, dass im Verglasungsbereich vor eine herkömmliche Doppelisolierverglasung eine zusätzliche Vorsatzscheibe im Verbund montiert wird. Dies reduziert mit einfachen Mitteln den Dämmwert (stehende Luftschicht). Zugleich kann in diesem Zwischenraum eine schmale Jalousie zur Verschattung integriert werden (d=20mm). Die Bedienung dieser Jalousiebehänge, die zugleich der Tageslichtlenkung (-> Lichtkonzept) dienen, erfolgt durch kleine, optisch untergeordnete Elektroantriebe. Behänge und Motoren bleiben jederzeit zugänglich, da der Verbundflügel mit einfachen Mitteln

geöffnet werden kann (Wegklappen der Vorsatzscheibe von Hand).

Der Rahmen der Setzflügel wurde entsprechend standardisierten Aluminium-Schalen so verbreitert, dass die Leibungsflächen der Fenster, die z. T. aus Stahlbeton bestehen, ebenfalls gedämmt werden können ohne wesentliche Unterschiede in der Außenansicht wahrzunehmen.

Vorteile der neuen Fensterkonstruktion

Der Dämmwert der Fenster im Rahmen und Verglasungsbereich wird deutlich verbessert. Wärmebrücken werden verringert.

Synergieeffekt werden genutzt: Durch 2+1 - Konstruktion ist gleichzeitig ein Witterungsschutz für Jalousie gegeben und Tageslichtlenkung kann besser genutzt werden.

Die ursprüngliche Optik der Außenfassade ohne aufgesetzte Jalousieblenden wird wieder hergestellt.



Abstimmung von Konstruktion und Denkmal: Die entwickelten Fensterkonstruktionen wurden mit dem Landesamt für Denkmalpflege abgestimmt. Nach Klärung der Detaillösungen wurden zwei Musterfenster unterschiedlicher Hersteller angefertigt, im Gebäude montiert und hinsichtlich ihrer Eignung überprüft.

Lichtkonzept

Zielsetzung

Das entwickelte Lichtkonzept verfolgt die Ziele:

- den Stromverbrauch für künstliche Beleuchtung zu minimieren
- die Betriebskosten zu senken
- die Raumausleuchtung verbessern, (ausgewogenes Verhältnis von Direkt-Indirektanteil)
- Blendungseffekte zu vermeiden
- die internen Wärmelasten zu minimieren

Die Strategie basiert auf dem Zusammenspiel eines Jalousiesystems zur Tageslichtlenkung in Kombination mit einer energieeffizienten Beleuchtung.

Jalousiesystem mit Tageslichtlenkung

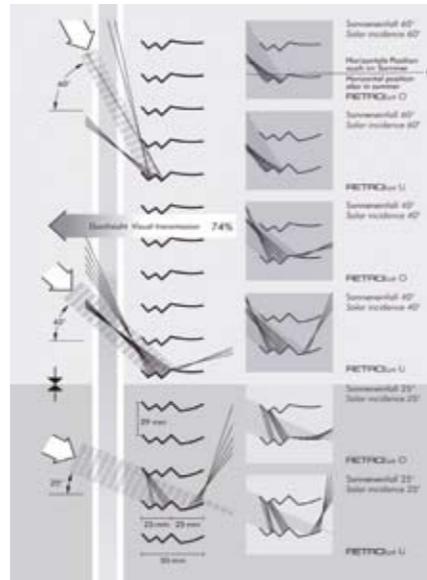
Durch Einsatz eines „2+1“ - Verbundfenster ist es möglich innerhalb der Fensterkonstruktion, das bedeutet im Bereich zwischen Isolierglasscheibe und der vorgesetzten Verglasung, eine Jalousie zur Lichtlenkung zu integrieren. Dieses System aus reflektierenden, 20mm breiten Jalousielamellen ist im Gegensatz zu vorgesetzten Raffstores vor äußeren Witterungseinflüssen geschützt und kann, da es nicht verschmutzt, wirksam Tageslicht reflektieren. Verschiedene Ausführungsvarianten für diese Tageslichtlenkung (z.B. Lamellen mit Spiegelfolie oder Mikrolamellen) wurden untersucht und profilierten Lamellen aus hochreinem Aluminium für die individuellen Bedingungen am Rathaus aufgrund

der höheren Verschattungswirkung in Verbindung mit guter Durchsicht ausgewählt.

Der Fensterflügel kann zu Revisionszwecken weiterhin geöffnet werden, Lamellen und Antrieb sind dadurch leicht zu erreichen.

Durch die Profilierung der Lamellen ist die Verschattungswirkung der Jalousie weitgehend unabhängig vom jeweiligen Sonnenstand, d.h. eine Nachregulierung ist selten erforderlich, die Durchsicht nach außen bleibt für die Nutzer erhalten.

Die Fassadenbehänge werden automatisch gesteuert. Bei zu hoher Sonneneinstrahlung werden gruppenweise die Jalousie heruntergefahren. Je nach Jahreszeit wird in unterschiedlichem Maße ein Teil

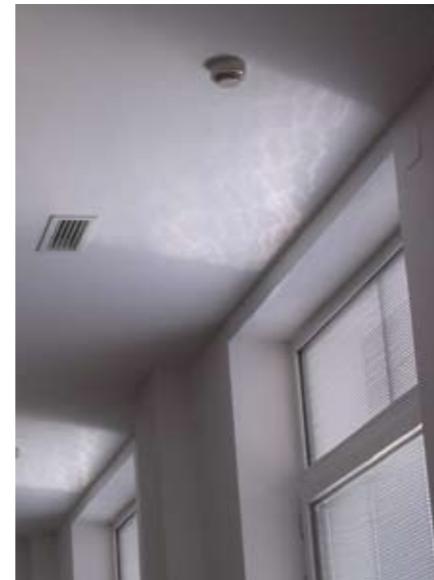


Systemskizze Jalousie zur Verschattung und Lichtlenkung

der direkten Sonneneinstrahlung in den Innenraum gelenkt und dient der natürlichen Belichtung der Büroräume, ein anderer Teil wird nach außen reflektiert um vor Überhitzung zu schützen. Der Einsatz dieser Lamellen trägt ebenso zu einer kontinuierlichen Raumausleuchtung bei.

Im Sommer wird bei hohem Sonnenstand die Sonneneinstrahlung reflektiert und dadurch der Innenraum vor einer Überhitzung aufgrund zu hoher Solareinträge geschützt.

In Übergangszeiten wird bei niedrig stehender Sonne ein Teil der Sonneneinstrahlung in den Raum gelenkt und trägt zur Raumausleuchtung bei (fc-Wert < 0,18 bei horizontaler Lamellenstellung und Lichttransmission > 22% für diffuse Strahlung).



Raumwirkung der Lichtlenkung

Die Lamellen sind je nach Zielsetzung individuell gekantet. Das Hauptaugenmerk wurde in diesem Gebäude auf einen hohen Reflexionsanteil bei horizontaler Lamellenstellung gewählt, um eine gute Durchsicht der Nutzer (-> Arbeitsstätte) zu gewährleisten.

Die großformatigen Fenster sind nur in wenigen Fällen untergliedert und haben in der Regel keine Oberlichter. So ist nur in Teilbereichen die Verwendung gesonderter Profile zur Raumausleuchtung möglich. Aufgrund der relativ geringen Raumtiefen der Zellenbüros und der fensternahen Arbeitsbereiche wurden diese Maßnahmen nicht weiter gewichtet.

Das gewählte Jalousiesystem dient somit nicht nur der Verschattung, sondern auch der Tageslichtlenkung und Blendfreiheit am Arbeitsplatz:

Es wird vermieden, dass bei Sonnenschein Fenster verschattet werden, um die Büroräume vor Hitze zu schützen, zugleich aber im verdunkelten Arbeitsraum Kunstlicht zur Raumbelichtung benötigt wird, das Strom verbraucht und Wärme einträgt.

Energieeffiziente Beleuchtung

Das Jalousiesystem wird durch eine energieeffiziente, arbeitsplatzorientierte Raumbelichtung ergänzt:

In den Büroräumen werden Leuchten mit einer hohen Lichtausbeute ausgestattet (Leuchtenwirkungsgrad von über 86%). Diese Leuchten werden in Ergänzung



Pendelleuchte mit Direkt-/Indirektanteil

zum vorhandenen Tageslicht elektronisch gedimmt, so dass nur soviel Energie für künstliche Beleuchtung aufgewandt wird, wie zur Raumausleuchtung erforderlich ist (500 lx im Arbeitsbereich gem. DIN EN 12464-1).

Zusätzlich werden Präsenzmelder installiert, um nur in genutzten Räumen die Leuchten anzusteuern.

Die ausgewählten Leuchten ermöglichen in den Standardräumen eine installierte Lichtleistung von unter 10 W/m². Dadurch wirken zugleich geringere Wärmelasten auf die Büroräume ein, die unter Umständen wiederum durch Energieeinsatz gekühlt werden müssten.

Zukünftig wird je Raum einer Leuchte mit 4 x 35 W installiert. Dies bedeutet eine deutlich geringere Lichtleistung als im Bestand (4 x 58 W) bei zugleich wesentlich

besserer Raumausleuchtung (Direktanteil-Indirektanteil).

Die geringen Sturzhöhen im Gebäudebestand bewirken zwar eine gute Belichtung tieferer Raumbereiche, zugleich konnten jedoch die vorhandenen Rasterleuchten teilweise nur so eingebaut werden, dass Fenster nicht vollständig zu öffnen waren.

Die neuen Pendelleuchten mit Mikroprismenwanne können in Stützenachse, also quer zur Fassade, so eingebaut werden, dass diese Einschränkungen zukünftig entfallen. Durch die Abpendelung werden negative Auswirkungen auf die mechanische Raumlüftung umgangen („Coanda-Effekt“).

Lüftungskonzept

Zielsetzung

Das Lüftungskonzept ist Bestandteil der Gesamtkonzeption und verfolgt die Ziele,

- ein kontinuierlich gute Raumluftqualität zu gewährleisten
- Lüftungswärmeverluste in der Heizperiode zu verringern
- die Energiekosten zu senken,
- Lüftungsvorgänge bei gleichzeitiger Verschattung zu gewährleisten
- mittels Nachtlüftung zur Aktivierung der Speichermassen beizutragen

Die Lüftungsanlage wird unabhängig von der Gebäudetechnik geregelt und betrieben. Diese Luftregelung ist unabhängig von Temperaturverläufen, da die Lüftung anders als bei Klimaanlage nur für die Luftqualität zuständig ist. Die Raumtemperaturen werden durch die Heiz- und Kühlflächen bestimmt. Eine Beheizung oder Kühlung der Zuluft wird in der Regel nicht vorgenommen. Dadurch werden mögliche „Konkurrenzsituationen,“ beim Heiz- / Kühlbetrieb und der Raumlüftung unterbunden.

Eingesetzt wird ein Lüftungsgerät mit energiesparenden EC-Motoren (elektronisch kommutierte Gleichstrommotoren) und hoher Wärmerückgewinnung (WRG von über 88%). Über einen Wärmetauscher wird dabei im Winter die Wärme der Abluft auf die Frischluft übertragen und dadurch vorgewärmt in die Büroräume eingeblasen. In anderen Raumbereichen wird die CO₂-haltige Abluft abge-

saugt. Zuluft- und Abluftleitungen sind klar voneinander getrennt. Ein Beimischen von kühler Frischluft zu warmer Abluft als Umluft erfolgt nicht, wodurch hygienische Probleme minimiert werden. Das bedeutet auch, dass Befeuchtungseinrichtungen, UV-Bestrahlung oder Desinfektionseinrichtung nicht benötigt werden.

Die Luftmenge wird nach der personellen Belegung und somit der hygienischen Erfordernis bemessen. Bei Luftwechselraten von 35 m³ je Arbeitsplatz findet ein langsamer, gleichmäßiger Luftwechsel statt. (Für den Luftwechselansatz von 35 m³ je Arbeitsplatz wurden 25 m³ je Person zzgl. Besucherverkehr von 40% zugrunde gelegt)

Durch diesen personenbezogenen Luftwechsel wird eine gute Raumluftqualität sichergestellt. Als Zielwert wird dabei eine Konzentration von 1.000 ppm (nach Pettenkofer) gesehen.



Zuluftauslass im Rundrohr

Da die Luftmengen vergleichsweise gering sind und keine Unterkühlung von Raumbereichen durch kühle Zuluft stattfindet, entsteht eine gleichmäßige Raumlufttemperatur. Dadurch entfallen störende Luftströmungen, die zu unbehaglichen Zuglufterscheinungen führen können. Bislang störende Einflüsse aufgrund geringer Oberflächentemperaturen, wie an Fenstern und Wänden, werden durch verbesserte Dämmwerte bzw. Temperierungsmaßnahmen minimiert. Ein angemessener Nutzungskomfort wird dadurch ermöglicht.

Die Lüftungsrohre werden teilweise als freie, offen zugängliche Rohrleitungen angeordnet (wie z.B. im Bürgerservicebüro), teilweise mit Trockenbauplatten verkleidet.

Integration in den Bestand

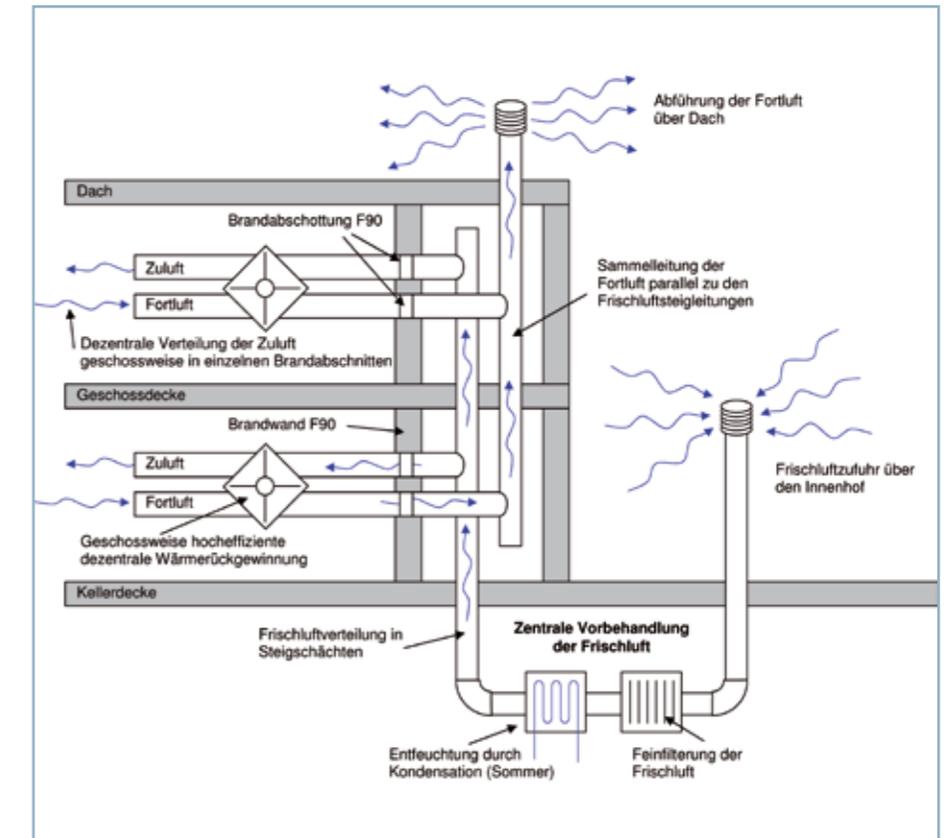
Das Lüftungssystem unterliegt der Anforderung, dass Lüftungsanlage und Rohrleitungen nachträglich bei geringem Platzbedarf in den Gebäudebestand integriert werden müssen. So steht im Rathaus Aschaffenburg bei den vorhandenen statischen Abmessungen nur wenig Raum für Installationen zur Verfügung (ca. 25-30 cm zwischen Türsturz bis Unterzug). Darüber hinaus soll die Sanierung im weitgehend laufenden Betrieb stattfinden, bei möglichst geringer Auslagerung von Büronutzung.

Das alte Heizungssystem wird schrittweise gegen das neue Heizungssystem inkl. Lüftungsanlagen ausgetauscht. Dabei sollen beide Systeme parallel betrieben werden können und keine unversorgten Zwischenbereiche bestehen. Senkrecht können Verteilungen problemlos untergebracht werden, da hier weder Stürze noch Unterzüge den Querschnitt einschränken. Es werden daher senkrechte Verteiltrassen festgelegt.

Das gesamte Rathausgebäude wird 3 bis 5 senkrechte Schachtstränge erhalten, die in feuerbeständiger Qualität ausgeführt werden. Stockwerksweise werden Zonenlüftungsgeräte installiert, wobei die Zuluft- und Abluftkanäle über das Dach angefahren werden und die Luftmenge im senkrechten Strang je nach Anschlussgrad erhöht wird.

Im Sommer werden die zonalen Zuluftleitungen bei Bedarf mit Kälte aus dem Eisspeicher vorgetrocknet, damit bei Kühlung über die Temperierungsflächen die relative Luftfeuchte in den Arbeitsräumen nicht erhöht wird.

Es empfiehlt sich bei umfassenderen Vorkonzepten frühzeitig die Erstellung eines Raumprogramms, da sich der Raumbedarf verlagert. (Zusätzlicher Bedarf für Archive, Besprechungen, Nebenräume, Technikbereiche, etc.)



Schemadarstellung Zonenlüftung

Wärmebrücken

Für einen repräsentativen Teilbereich der Fassade wurden unter Berücksichtigung der vorhandenen Skelettbauweise die Wärmebrücken mittels Isothermendarstellung näher untersucht. Nach der Sanierung kann der absolute Energieverbrauch zwar deutlich reduziert werden, jedoch steigt der Anteil der Energieverluste durch Wärmebrücken auf fast 24% der Gesamtverluste im Fassadenbereich an.

Somit kommt der Betrachtung von Wärmebrücken zuzunehmen eine wichtige Bedeutung zu.

Die Wärmebrückenbetrachtung stellt einen wertvollen Beitrag zur energetischen Optimierung dar. Bauphysikalische Schwachpunkte können gezielt untersucht und bearbeitet werden. Der Nutzungskomfort deutlich verbessert werden kann.



Repräsentativer Fassadenausschnitt im Bereich eines Standardbüros

Ergebnisse zur Umweltentlastung

Gesamtbetrachtung Lebenszyklus (LEGEp)

Mittels der Software und Datenbank „LEGEp“ wurde eine Lebenszyklusanalyse des gesamten Gebäudes für unterschiedliche Sanierungsansätze erstellt. Diese umfasst die Umweltentlastung, Neubau- und Rückbaukosten ebenso wie Betriebskosten aus Reinigung, Wartung, Instandsetzung und Energiekosten.

Die Vorteile ganzheitlicher Maßnahmen werden sowohl in ökonomischer als auch ökologischer Hinsicht durch die Bewertung der Sanierungsvarianten in der Lebenszyklusbetrachtung deutlich: Durch Umsetzung des Sanierungskonzeptes lässt sich somit der Primärenergieverbrauch um über 60% verringern bei gleichzeitig bedeutend höherem Nutzerkomfort.

Durch die reduzierte Primärenergie verringern sich die Emissionswerte, die für den Abbau der Ozonschicht (fluorierte Chlor-Kohlenstoff-Verbindungen – FCKW, etc.) sowie für Versauerung (Schwefeloxide) verantwortlich sind.

Die geplanten Maßnahmen stellen somit eine deutliche ökologische Entlastung dar und sind ein weiterer Beitrag der Stadt Aschaffenburg zu den globalen Klimaschutzzielen. Durch das erarbeitete Sanierungskonzept lässt sich der Energiebedarf an Strom und Erdgas für den Betrieb des Rathauses deutlich reduzieren bei wesentlich verbessertem Raumkomfort.

Dazu tragen geringere Energieverluste ebenso wie eine effiziente Energieverwendung bei.

Trotz erheblichen Zwängen aus baulichem Bestand, innerstädtischer Lage und schützenswerter Gestaltung, kann durch Einbindung von regenerativen Komponenten, wie Wärmerückgewinnung, und Nutzung von Umgebungswärme/-kälte, und Kraft-Wärme-Kopplung (durch Betrieb eines BHKWs zur Eigenverwendung) der momentane Primärenergiebedarf für alle Energieaufwendungen von ca. 285 kWh/m²a BGF auf ca. 120 kWh/m²a BGF reduziert werden (bei 8.760 m² BGF). Ohne Büroarbeitsmittel ergibt sich ein Anteil von unter 100 kWh/m²a für den Gebäudebetrieb.

Dieses Ziel erfüllt den Grenzwert des Passivhauses von 120 kWh/m²a Primärenergie für Verwaltungsgebäude.

Der momentane Verbrauchswert bei mehr als 285 kWh/m²a enthält noch keine umfassende Raumkühlung. Würden aufgrund zunehmender Sommertemperaturen in den Büroräumen weitere Klimageräte nachgerüstet, wäre ein Primärenergiebedarf von über 360 kWh/m²a zu erwarten.

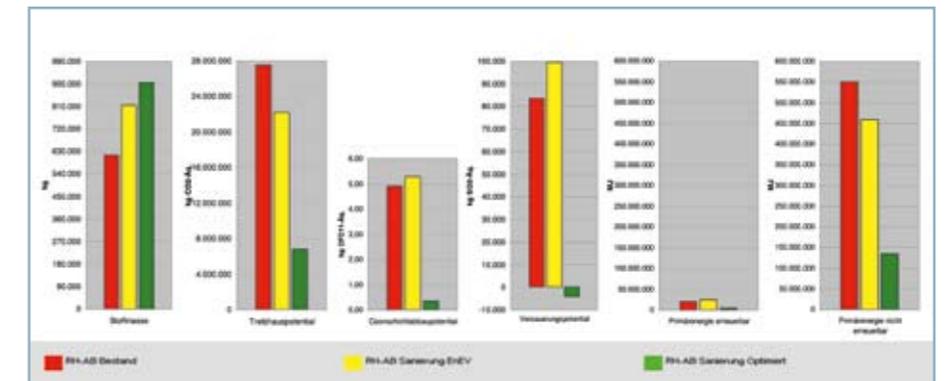
Fläche	Beschreibung	Fläche [m²]	Bestand		Saniert		Flächenanteil [%]	Verlustanteil saniert [%]	Reduktion [%]
			U-Wert Bestand [W/m²K]	spezifischer Verlust [W/K]	U-Wert neu [W/m²K]	spezifischer Verlust [W/K]			
A1	Fenster	6,972	3,630	25,308	0,900	6,275	55,2	61,6	75,2
A2	Brüstungswand	2,689	0,750	2,017	0,280	0,753	21,3	7,4	62,7
A3	Fläche Geschossd. + Sturz	0,900	2,076	1,868	2,076	1,868	7,1	18,3	0,0
A4	Fläche Mittelstütze	0,814	0,430	0,350	0,280	0,228	6,4	2,2	34,9
A5	Fläche Betonstütze	1,024	1,610	1,649	0,647	0,663	8,1	6,5	59,8
A6	Stirnfläche Unterzug	0,240	1,670	0,401	1,670	0,401	1,9	3,9	0,0
Summe		12,639 m²		31,593		10,187	100,0	100,0	
Fläche 4,0 x 3,16 m									
mittlerer U-Wert (ohne solare Gewinne, ohne Wärmebrücken)				2,500 W/m²K		0,806 W/m²K			67,8
mittlerer U-Wert Fassadenfläche ohne Fenster				6,285 W/m²K		3,913 W/m²K			% Reduktion
mittlerer U-Wert Fassadenfläche ohne Fenster		5,667 m²		1,109 W/m²K		0,690 W/m²K			

Linienförmige WB	Beschreibung	Länge [m]	Bestand		Saniert		Längenanteil [%]	Verlustanteil saniert [%]	Reduktion [%]
			ψ [W/mK] längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient	spezifischer Verlust [W/K]	ψ [W/mK] längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient	spezifischer Verlust [W/K]			
L1	Fenster an Mittelstütze	2,15	0,569	1,223	0,380	0,817	16,2	26,3	33,2
L2	Brüstung an Mittelstütze	0,81	-0,077	-0,062	0,013	0,011	6,1	0,3	-116,9
L3	Fenster an Betonstütze	1,75	0,995	1,741	0,766	1,341	13,2	43,2	23,0
L4	Brüstung an Betonstütze	0,81	0,035	0,028	0,055	0,045	6,1	1,4	-57,1
L5	Fenster an Brüstung	3,32	0,308	1,023	0,006	0,020	25,1	0,6	98,1
L6	Wand an Geschossdecke	3,32	0,348	1,155	0,076	0,252	25,1	8,1	78,2
L7	Fenster an Unterzug	0,40	1,026	0,410	0,785	0,314	3,0	10,1	23,5
L8	Mittelstütze an Geschossdecke	0,28	0,313	0,088	0,241	0,067	2,1	2,2	23,0
L9	Betonstütze an Unterzug	0,40	1,138	0,455	0,600	0,240	3,0	7,7	47,3
Summe		13,24 m		6,062		3,106	100,0	100,0	
Anteil der Wärmebrücken am Gesamtverlust				16,1 %		23,4 %			
mittleres ψ (psi)				0,458 W/mK		0,235 W/mK			48,8
mittlerer U-Wert pro m² inkl. Wärmebrücken				2,98 W/m²K		1,05 W/m²K			64,7
Gesamtverlust				37,655 W/K		13,294 W/K			Gesamtreduktion [%]
Verlust bei Normklima (ΔT=30K) durch die Fassade				1130 W		399 W			

G:\Eigene Dateien\Stadt Aschaffenburg\Broschüre Rathaus\Dezember 2008\Grafiken\Kopie von 11_2_4 Wärmebrückenauswertung

Bitte neue, verwertbare, druckreife Tabelle

Auswertung der spezifischen Wärmeverluste anhand von Wärmebrücken



Ökologiekennwerte der verschiedenen Varianten

Bitte neue, verwertbare, druckreife Tabelle

Ergebnisse zur Wirtschaftlichkeit

Ökonomische Bewertung

Bei der Konzepterstellung zum Rathaus Aschaffenburg wurden über die Investitionskosten hinaus, die Kosten des Gebäudebetriebes und der Instandhaltung gesammelt, ausgewertet und verglichen.

Aus diesen Verbrauchswerten sind Tendenzen zu erkennen, Prognosen können bedingt abgeleitet werden.

So hätte das Rathaus Aschaffenburg 1960 Energiekosten für die Beheizung von ca. 7.000 DM / Jahr. Damals wurden ca. 60.000 - 80.000 kWh Strom verbraucht und die damit verbundenen Kosten betragen ca. 4.000 - 5.000 DM. Zur damaligen Zeit waren die Instandhaltungskosten bei Null DM anzunehmen. Die Betriebskosten für Heizung, Strom und Instandsetzung bewegten sich demnach zwischen 12.000 - 20.000 DM pro Jahr. Das entspricht heute etwa 10.000 €.

Im Jahr 2007 betragen die abgerechneten Heizkosten ca. 101.000 € und die Stromkosten ca. 52.000 €. Die Instandsetzungskosten beliefen sich in der Zeit von 1998 - 2004 auf durchschnittlich 100.000 € / Jahr.

Das heißt, die energetischen Betriebskosten, die 1960 bei ca. 6.000 - 10.000 € jährlich lagen, betragen 2007 ca. 153.000 €. Das entspricht einer durchschnittlichen Preissteigerung von über 6 %.

Vergegenwärtigt man sich die Preissteigerungen der Jahre ab 1990 werden die

Verbrauchskosten für konventionelle Energieträger weiterhin deutlich über der durchschnittlichen Inflationsrate steigen.

Hinzu kommen, falls keine Gesamtanierung durchgeführt wird, aufgrund des Reparaturstaus ebenfalls steigende Instandsetzungskosten bei durchschnittlich 100.000 €.

Unter der konservativen Annahme, dass sich Heizkosten in Zukunft durchschnittlich nur um 5 % pro Jahr, Strom um 3,5 % pro Jahr und Instandsetzungen um durchschnittlich 2 % pro Jahr erhöhen, ergäbe dies rein rechnerisch nach 30 Jahren jährliche Kosten von ca. 650.000 €.

Sanierungsstandard

Die Notwendigkeit einer energetischen Sanierung des Gebäudes wird deutlich und ist unstrittig. Durch eine ökonomische Betrachtung wurden verschiedene Sanierungsansätze untersucht:

Eine Sanierung nach den bislang geltenden Mindestvorschriften (Grundlage EnEV 2002) lässt Befreiungen im denkmalgeschützten Bestand zu und regelt nicht den sommerlichen Wärmeschutz. Es ist ein minimaler baulicher und technischer Aufwand zulässig, der den Minimalstandard darstellt.

Legt man diesen geringen Sanierungsstandard (Erdgas-Heizkesseln in Kombination mit elektrischer Kältemaschine ohne Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung und Einbindung regenerativer Komponenten) zu-

grunde, würden gegenüber dem Bestand kaum Kosten eingespart, da ein deutlicher Anstieg des Strombedarfs einer geringeren Einsparung des Erdgasbedarfs gegenüber steht.

Eventuelle Kosteneinsparungen wären bereits nach wenigen Jahren durch Kostensteigerungen im Energiebereich verloren. Die Betriebskosten steigen weiter an. Eine mittels Barwertmethode durchgeführte Gesamtbetrachtung über alle Lebenszyklen des Rathauskomplexes bestätigt, dass ein nachhaltiger, ökonomischer Sanierungsstandard sich nicht an rechtlichen Mindestvorgaben orientiert:

Der Energieverbrauch kann im Verhältnis zu den Energiepreissteigerungen nicht signifikant reduziert werden. Zukünftige Anforderungen sind dabei unwägbar und können nach einigen Jahren wieder zu Nachrüstmaßnahmen zwingen.

Ökonomisch-Ökologische Bilanzierung

Die Vorteile ganzheitlicher Maßnahmen wurden durch die Bewertung der Sanierungsvarianten in der Lebenszyklusbetrachtung deutlich, da durch den Einsatz langlebiger Bauteile und energieeffizienter Technik langfristig wesentliche Kosteneinsparungen erzielt werden können:

Die entwickelte optimierte Lösung ist wirtschaftlich sinnvoll und nachhaltig.

Zwar entstehen zunächst gegenüber einer Sanierung im Mindeststandard höhere Investitionskosten.

Da Betriebskosten jedoch einen wesentlichen Anteil an den gesamten Lebenszyk-

luskosten haben, ergeben sich durch deutlich reduzierte Betriebs-, Wartungs- und Instandsetzungskosten Kostenvorteile, die Mehrinvestitionen rechtfertigen.

Zugleich wird dabei deutlich weniger Primärenergie verbraucht. Das bedeutet eine ökologische Entlastung. Die Ökobilanz des Gebäudes wird dadurch verbessert.

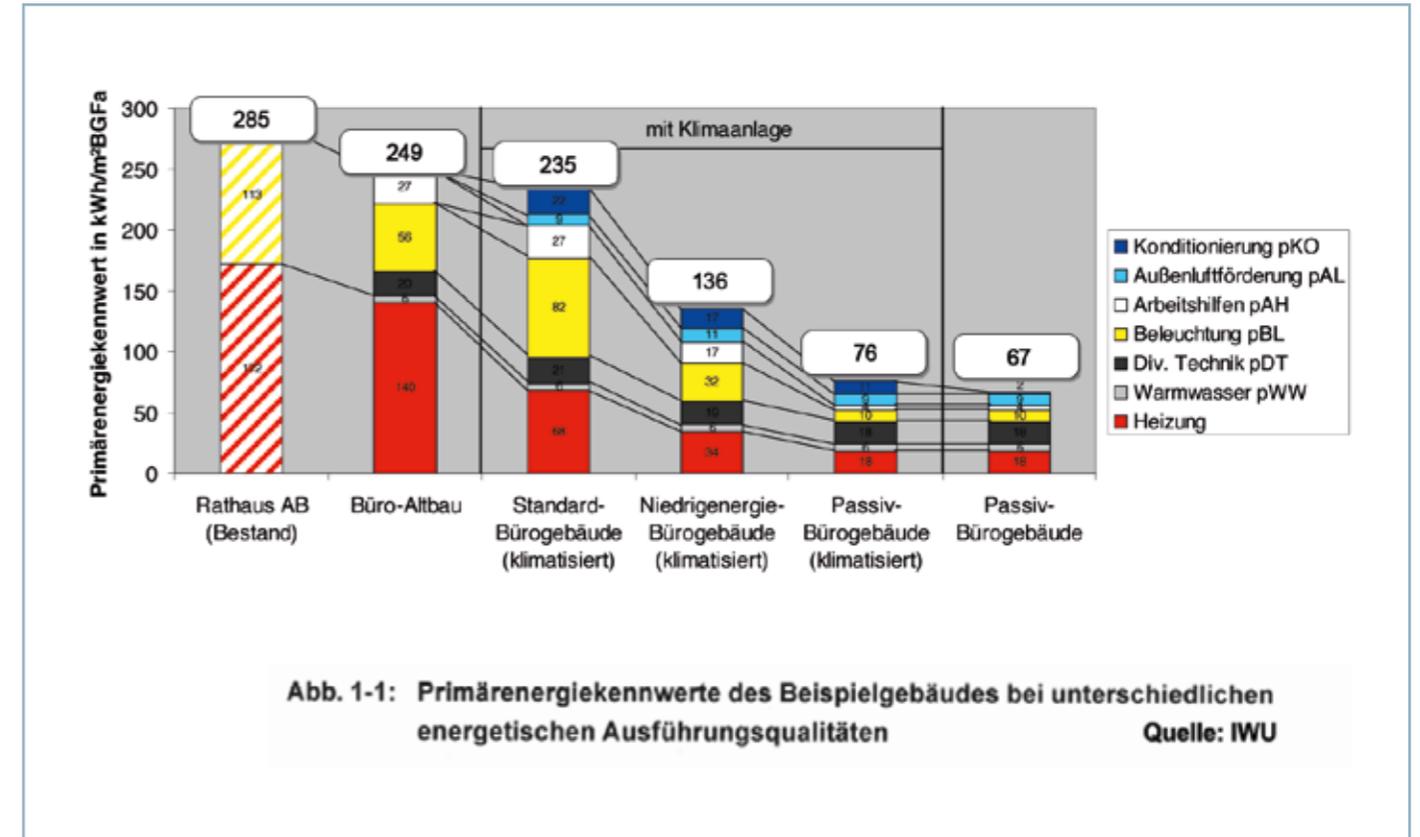


Abb. 1-1: Primärenergiekennwerte des Beispielgebäudes bei unterschiedlichen energetischen Ausführungsqualitäten
Quelle: IWU

Primärenergiekennwerte (kWh/m² BGFa)

Bitte neue, verwertbare, druckreife Tabelle

Lebenszyklus Kosten

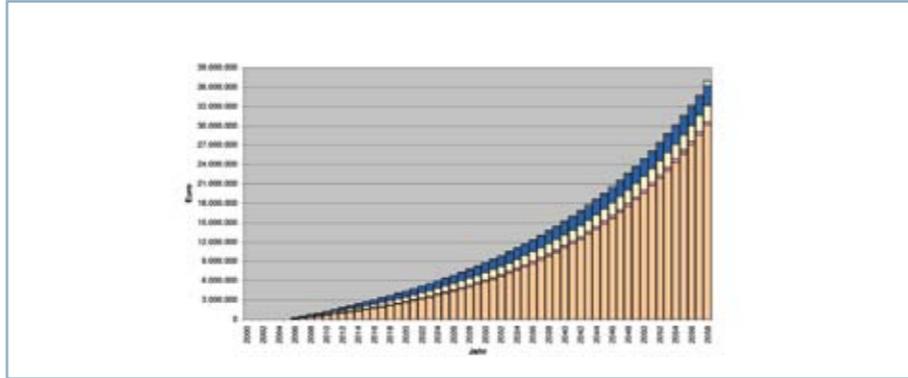
Auf Grund dieser Überlegungen ist es in Hinblick auf zukünftige, finanzielle Belastungen der Stadt Aschaffenburg sinnvoll, eine optimierte Gesamtansanierung anzugehen.

Zur Ermittlung der aufgelaufenen Gesamtkosten wurde die Barwertmethode eingesetzt. Dabei wurden die Gesamtkosten der unterschiedlichen Lebenszyklen eines Gebäudes

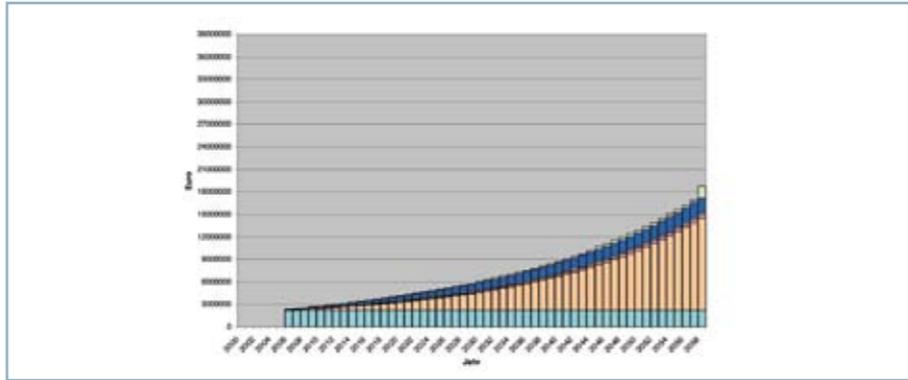
- 1. Sanierung
- 2. Betrieb
- 3. Reinigung
- 4. Wartung
- 5. Instandsetzung
- 6. Rückbau

Über einen Zeitraum von 50 Jahren ermittelt und in Ansatz gebracht.

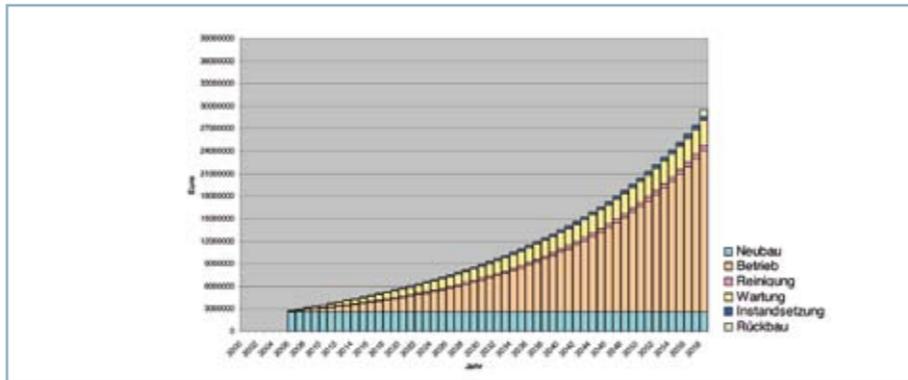
Gemäß LEGEP Datenbank ergeben sich bei den unterschiedlichen Varianten deutliche Kostenunterschiede über den gesamten Zeitraum der Immobilie



Lebenszykluskosten Bestand



Lebenszykluskosten ENEC-Sanierung



Lebenszykluskosten optimierte Sanierung

Ergebnisse zur Arbeitsplatzqualität

Komfortbereich der Innentemperatur

Insbesondere bei Verwaltungsgebäuden sind mit herkömmlichen Bemessungsmethoden oftmals keine realistischen Prognosen zu Energiebedarf und Raumkomfort möglich.

Daher wurde gemeinsam mit dem Ingenieurbüro Jung, Köln zunächst für die regulären Raumtypen mittels einer dynamischen Gebäudesimulation ein Vorkonzept entwickelt. Dabei wurde grundsätzlich die Qualität der Innendämmung und Fenster variiert, die Art der Verschattung und der Umfang technischer Maßnahmen, wie Wandheizflächen und Lüftung, vorab ermittelt sowie interne Lasten und Nutzungszeiten dem Gebäudemodell zugeordnet.

In einem zweiten Schritt wurde das zukünftige Innenklima des Gesamtgebäudes in unterschiedlichen Raumzonen und Nutzungsbereichen auf Grundlage eines durchschnittlichen Jahresverlaufes untersucht und bewertet. Mittels dieses dynamischen Modells konnten differenzierte Festlegungen zugrunde gelegt werden, die bei statischen Rechenansätzen nicht berücksichtigt werden können.

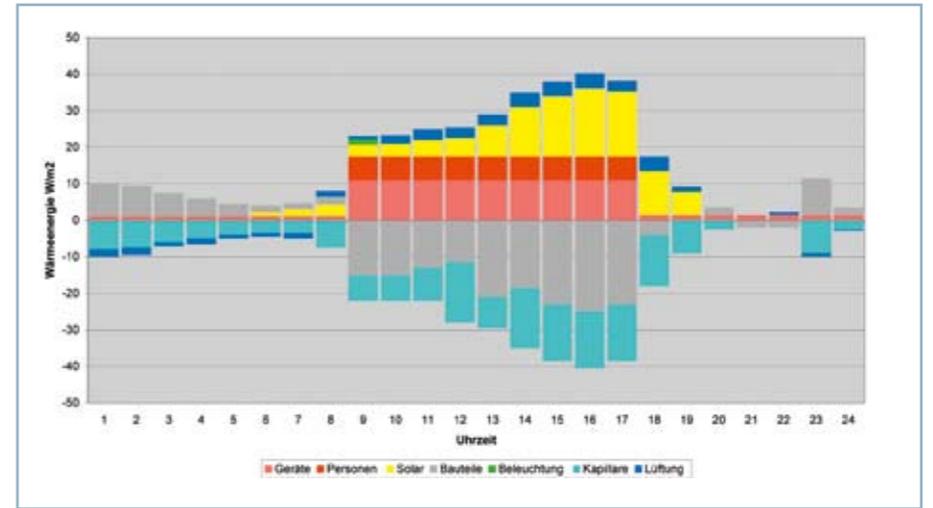
Durch Berücksichtigung von Gleichzeitigkeitseffekten, Speichermassen, interne Lasten, Sonneneinstrahlung im Tagesverlauf und Lüftungsmaßnahmen können dadurch realitätsnahe Aussagen zum zukünftigen Innenklima über den jahreszeitlichen Verlauf hinweg getroffen werden.

Der innenräumliche Nutzungskomfort der Büroräume wird durch die vorgeschlagenen Maßnahmen deutlich verbessert:

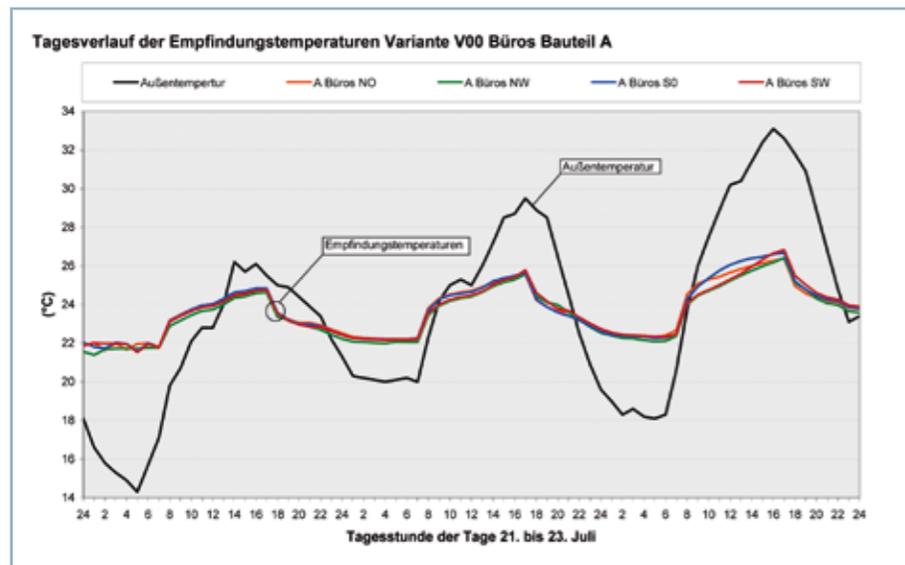
Die Empfindungstemperatur des Innenraumes liegt überwiegend unter 26° C bzw. 6 °C unter der Außentemperatur.

Den Anforderungen des „Bielefelder Urteiles“ (Umsetzung der Arbeitsstätten-Richtlinie) zum Raumklima von Arbeitsräumen wird somit gemäß Simulationsergebnis entsprochen.

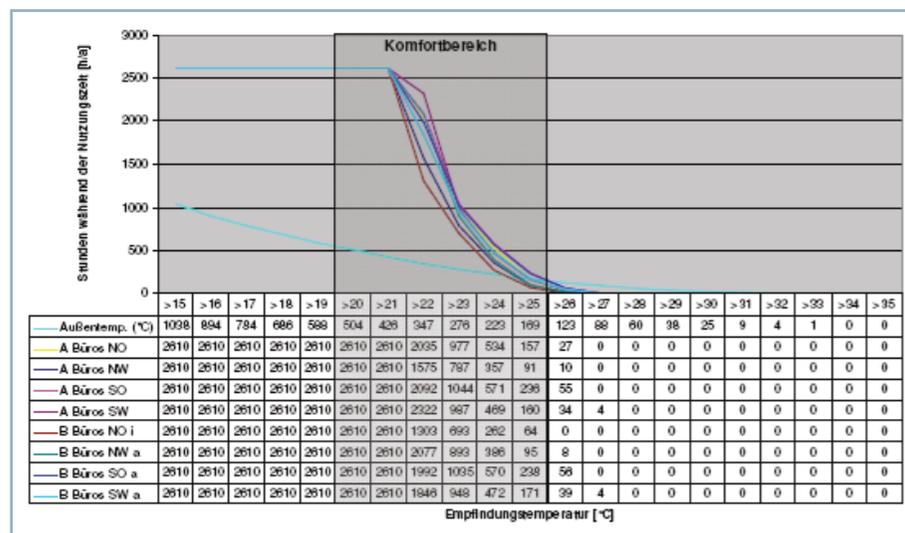
Die Anforderungen an die Luftqualität gemäß Arbeitsstättenrichtlinien bzw. der sogenannte Gesundheitswert (Pettenkofer von 1.000 ppm) werden durch den kontrollierten Luftwechsel der mechanischen Lüftungsanlage eingehalten. Dafür wird ein personenbezogener Luftwechsel auf Grundlage von Erfahrungswerten zugrunde gelegt.



Energiebilanz für den 23. Juli, Süd-West-Raum 5. Stock
Thermische Auswirkungen innerer und äußerer Einflussfaktoren auf die Bürofläche



Simulierte Innenraumtemperaturen nach der Sanierung



Raumkomfort verschiedener Räume im Jahresverlauf

Verbesserter Raumkomfort bei Spitzenbelastung von außen

Stärkere Entkopplung der Empfindungstemperatur im Innenraum von äußeren Einflüssen stärker als bisher. Vermeidung von übermäßigen Temperaturgefällen zwischen Nord- und Südorientierten Räumen Schaffung gleichmäßiger Arbeitsbedingungen.

Durch differenzierte Vorlauftemperaturen in den einzelnen Wandzonen entsteht trotz unterschiedlicher äußerer Einflüsse ein sehr einheitlicher Raumkomfort entsteht (siehe Tagesverlauf der Empfindungstemperatur). Jede einzelne Außenwand erhält nach Himmelsrichtung eine gesonderte, ausgleichende Heizkurve.

Verbesserter Raumkomfort verschiedener Räume im Jahresverlauf

Zielsetzung ist eine Raumtemperatur von unter 26°C durch den gewählten Sanierungsstandard Dies wird durch Dämmmaßnahmen und aktive Temperierungsfläche (von ca. 4 m² je Büroraum) zu über 97% der Nutzungsstunden erreicht. Die max. Überschreitungen liegen unter 28° C.

Kostenvergleich Wirtschaftlichkeit

Das Rathaus Aschaffenburg umfasst eine Kubatur von ca. 38.000 m³. Ein vergleichbarer Neubau in dieser Größenordnung würde ohne Baugrundstück und ohne eventuelle Abbruchkosten in der vorhandenen Bauqualität ca. 22 - 28 Mio. € kosten.

Deutliche Kosteneinsparungen lassen sich realisieren

Die Untersuchung am Rathaus Aschaffenburg zeigt, dass eine ganzheitliche, aufeinander abgestimmte Planung, die weitgehend frei ist von den vorzeitigen Festlegungen und Zwangsvorgaben, eine bauliche Ideallösung schaffen kann, die sich bereits bei heutigen Energiekosten zu einem beträchtlichen Anteil durch eingesparte Nachfolgekosten auszeichnet.

Diese können dann erheblich zu der Finanzierung der Sanierung beitragen. Zinsgünstige Darlehen und Zuschüsse für energetische Maßnahmen sollten genutzt werden

Dies erfordert die ideale Form einer „rentablen“ Kreditaufnahme:

In der Wirtschaft wird üblicherweise ein Kredit aufgenommen, um damit den Betrieb in seiner Wirtschaftskraft und seinem Ertrag zu stärken. Dieses Prinzip sollte auch bei effizienten, energetischen Sanierungen angewandt werden. Im Gegensatz zu herkömmlichen Neuinvestitionen auf Kredit, die zusätzliche Nachfolgekosten produzieren und für die Zukunft langfristig binden,

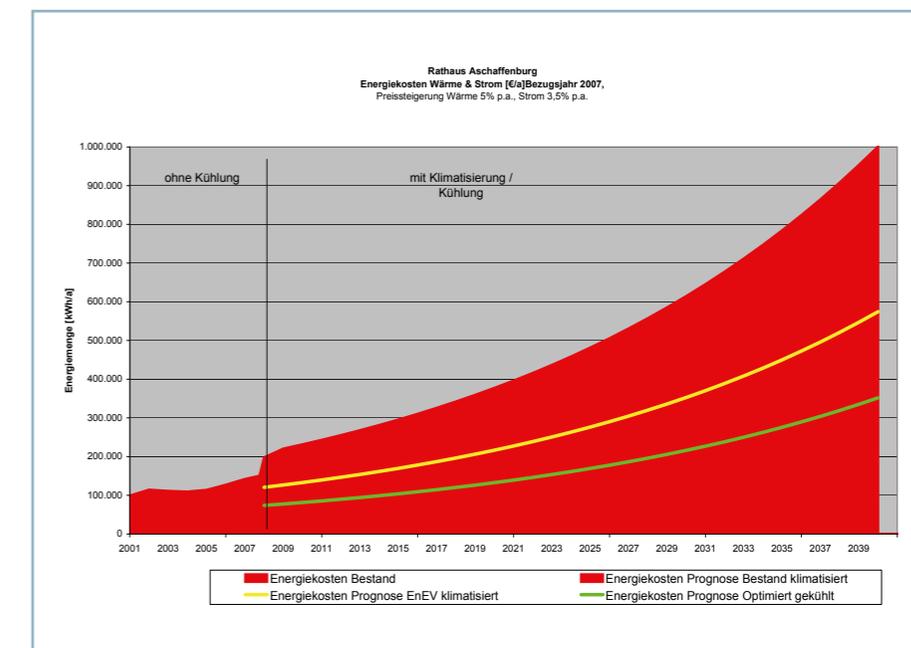
ist es sinnvoll, durch einen vorübergehenden Kredit Zukunftskosten zu vermeiden. Deshalb strebt die Stadt Aschaffenburg diesen Weg der Realisierung an.

Diese Art der ganzheitlichen Sanierung wurde bisher in wenigen Fällen konsequent angewandt.

Die Stadt Aschaffenburg möchte daher als Beispiel für andere Kommunen, aber auch für Betriebe, die Rathaussanierung effizient weiter betreiben und die Sanierungsmaßnahme als positives Beispiel in der Öffentlichkeit präsentieren.

Es wird dadurch einem zukunftsfähigen Weg zur Sanierung wertvoller Bestandsgebäude mit derzeit hohen Nebenkosten beispielhaft dargestellt.

Entwicklung der Energiekosten über 30 Jahre



Gesamtsanierung kontra schrittweise Sanierung

Eine Überlegung zu Sanierungsabschnitten

Ideale Voraussetzungen für eine Gebäudesanierung ist sicherlich ein vollständig geräumtes Gebäude, in dem die Bauarbeiten weitgehend ungestört durchgeführt werden können.

Bedingt durch fehlende Ausweichflächen, notwendige Infrastruktur und hohe zusätzliche Kosten ist die komplette Auslagerung einer Gebäudenutzung vielfach nicht möglich.

Das bedeutet, dass die Sanierung in einem Gebäude durchgeführt werden muss, das in Teilflächen weiter durch das Alltagsgeschäft genutzt wird. Konflikte die sich aus Lärm, Staub, erschwerte Zugänglichkeit u. ä. ergeben, können minimiert, jedoch

nie ganz ausgeschlossen werden und erfordern Kompromissen zwischen den jeweiligen Beteiligten.

Gesamtsanierung nach ganzheitlichem Ansatz

Eine optimierte Sanierung, die in einigen Teilabschnitten durchgeführt und auf einen Zeitraum von vier bis fünf Jahren angelegt ist, erfordert einen höheren Investitionsaufwand als die Sanierung eines geräumten Gebäudes in einem Zug. Der Kostenaufwand für diese Lösung wird bei ca. 103 - 108 % gegenüber optimalen Investitionskosten geschätzt.

Unter Nutzung von Synergieeffekten bei Kosten und Gebäudefunktionen wird ein nahezu optimales Sanierungsergebnis erreicht.

Die Sanierungsziele eines ganzheitlichen Ansatzes sind grundlegend gefasst und orientieren sich nicht nur an gesetzlichen Mindeststandards.

Bei konsequenter Umsetzung entsteht eine lange, sanierungsfreie Zeit bis zum nächsten Instandsetzungszyklus in etwa 50 Jahren

Schrittweise Bedarfssanierung

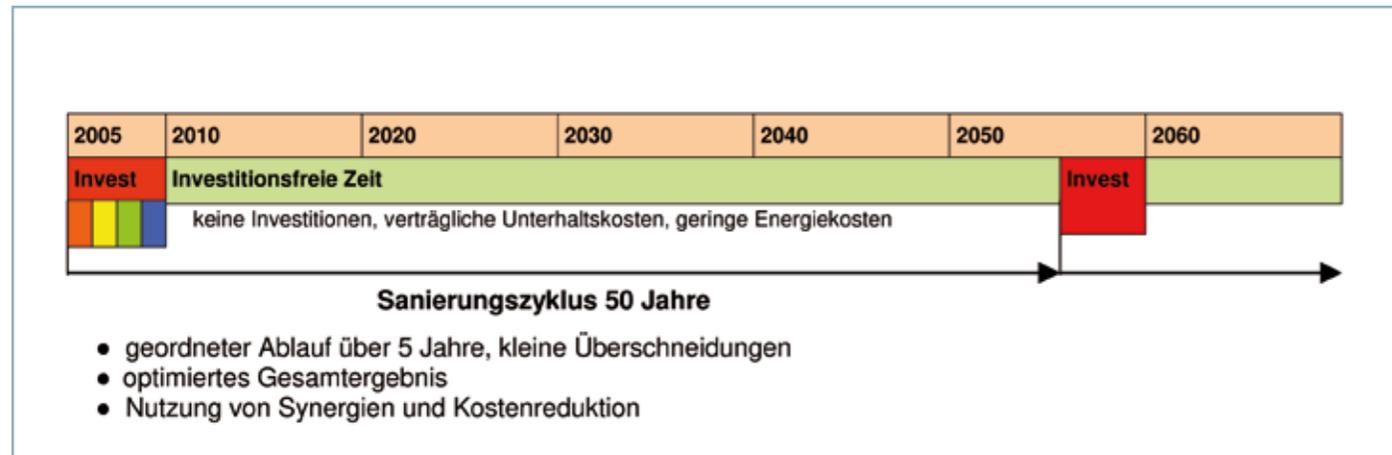
Eine schrittweise Bedarfssanierung mit mehreren, kleinen Bauabschnitten über einen längeren Zeitraum von 10 bis 15 Jahren hinweg, benötigt wesentlich umfangreichere Maßnahmen, wie z.B. längerfristige Baustelleneinrichtungen und provisorische Baustellenzugänge, Staubschutzwände sowie Sicherungs- und Schutzmaßnahmen. Zugleich belasten häufig wechselnde Fachfirmen, fehlende Kenntnisse im genutzten Gebäude, schlimmstenfalls unterschiedliche Zielvorstellungen und Umplanungen die Ausführung. Einzelmaßnahmen sind nur teilweise aufeinander abgestimmt

Kostensteigerungen werden über einen längeren Ausführungszeitraum deutlich wirksam und sind zunehmend unwägbar. Zuschüsse können dabei häufig nicht genutzt werden, eine ständige Bautätigkeit belastet das Arbeitsumfeld. Es droht eine

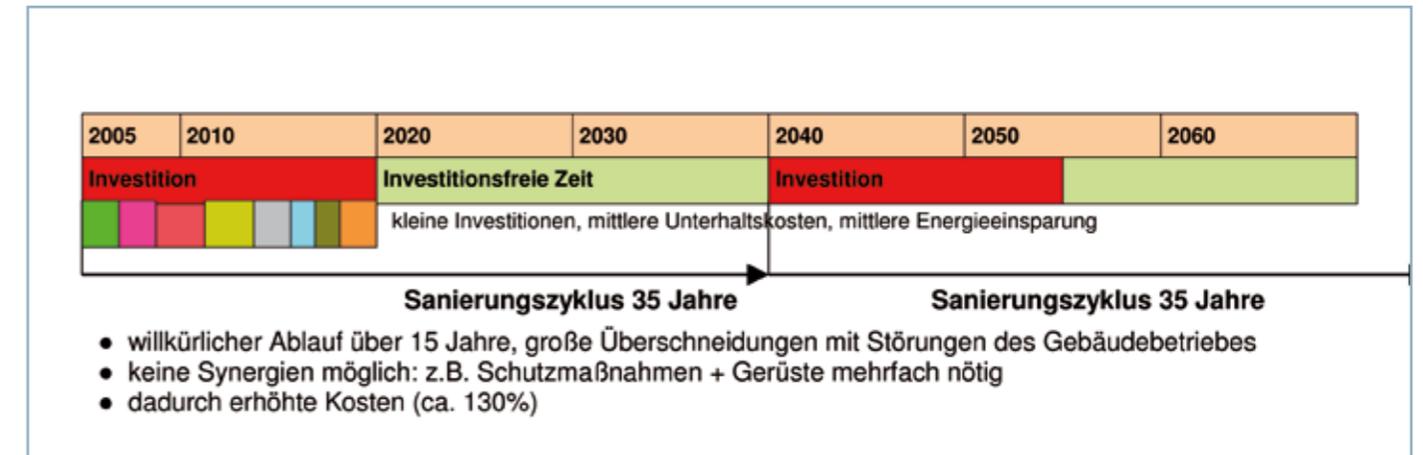
„ewige Baustelle“. Hinzu kommen erhöhte Reinigungskosten und vermehrte Betriebsstörungen.

Das Ergebnis ist nicht optimal und der nächste Instandsetzungszyklus ergibt sich innerhalb eines kürzeren Zeitraumes, unter Umständen innerhalb von 20 Jahren, da einzelne Bauteile nicht singulär erneuert werden können.

Die Kosten werden sich auf gegenüber einer „Sanierung am Stück“ deutlich erhöhen und schätzungsweise in einem Bereich von 130 - 150 % bewegen. Die Zielsetzungen werden durch die kleinteilige Sanierung nur teilweise erreicht. (vermutlich nur ca. 65 % des Zieles werden erreicht)



Gesamtsanierung nach ganzheitlichem Ansatz



Schrittweise Bedarfssanierung

Bewertung der Ergebnisse anhand der gestellten Ziele

- Reduzierung des Primärenergiebedarfes (als ökologisches Schutzziel)
- Verringerung der Energiekosten (als ökonomisches Schutzziel)
- Verbesserung des Nutzerkomfort und -sicherheit (als soziales Schutzziel)
- Erhalt des Einzeldenkmals in seiner charakteristischen Fassadengestaltung (als kulturelles Schutzziel)

F) Zusammenfassung und Ausblick

Bewertung der Ziele

Durch das entwickelte Sanierungskonzept können die angestrebten Zielsetzungen erfüllt werden:

Erhalt der denkmalgeschützten Fassade

Die denkmalgeschützte Sandsteinfassade kann in situ erhalten werden. Die Befestigungsmethodik der Sandsteinplatten wurde erkundet und die Standsicherheit der Fassade nachgewiesen. Der Dämmwert der Außenwandflächen wird durch die innenseitige Dämmung aus mineralischen Schaumsteinplatten wesentlich verbessert, ebenso die Fensterflächen durch den Einbau von „2+1“-Verbundfenstern mit integrierten lichtlenkenden Jalousien. Durch diese und weitere Dämmmaßnahmen wird die Voraussetzung geschaffen, effiziente Energiesysteme im Gebäude einzusetzen und somit das Verwaltungsgebäude langfristig und wirtschaftlich zu betreiben. Das äußere Erscheinungsbild kann erhalten

bleiben, der Denkmalcharakter bleibt gewahrt.

Verringerung der CO2-Emissionen

Der Primärenergieverbrauch des Gesamtgebäudes wird durch bauliche und anlagentechnische Maßnahmen wesentlich reduziert. Auf Basis der momentanen Verbrauchswerte zum Gebäudebetrieb, d.h. bei geringer Klimatisierung des Altbestandes - ist eine Einsparung von ca. 60% an Primärenergie (PE) möglich. Gegenüber einem vollklimatisierten Gebäude, das zukünftig notwendig werden würde, ist eine Einsparung an Primärenergie um 70 % bis 80 % möglich. Die CO2-Emissionen des Rathausbetriebes können dadurch jährlich um bis zu 330 t reduziert werden, bei einer Vollklimatisierung um 480 t. Die vorgeschlagenen Maßnahmen ermöglichen eine deutliche Reduzierung des Primärenergiebedarfs. Bauliche Maßnahmen ohne umfassende technische Maßnahmen bieten Einsparpotential von ca. 10 %. Umfassend optimierte Lösungen hingegen reduzieren den PE-Bedarf um bis zu 60 % und mehr bei wesentlich höherem Komfort.

Der PE-Bedarf bei dieser Lösung liegt bei ~ 120 kWh/m²*a. Würde lediglich nach rechtlichen Mindestanforderungen gehandelt und aufgrund von Komfortanforderungen (Arbeitsstättenrichtlinie) Gebäudetechnik installiert, wären der Energieverbrauch und auch der Primärenergiebedarf höher als momentan. Rein bauliche Maßnahmen ohne umfassende technische Maßnahmen bieten lediglich ein Einsparpotential von ca. 10 %.

Ein zusätzliches Einsparpotential liegt in der Verwendung einer effizienten, individuell auf das Gebäude abgestimmten Steuerungstechnik.

Einsparung von Betriebskosten

Neben dieser Reduzierung des Primärenergiebedarfs, werden gerade unter Berücksichtigung der steigenden Rohstoffpreise die Nachfolgekosten dauerhaft erheblich verringert. Die hohen Energiekosten für Strom und Erdgas von derzeit 150.000 € im Jahr 2005 können nach entsprechendem Preisstand auf bis zu 70.000 € jährlich reduziert werden. Der Differenzbetrag wird sich mit steigenden Energiepreisen vergrößern. Zudem wird durch die Kühlung der Räume im Sommer die Raumtemperatur stabilisiert, was für den sicheren Betrieb der EDV-Anlagen notwendig ist und den Nutzern als Überhitzungsschutz dient. Die hohen Aufwendungen für Reparaturen und Instandhaltungen von über 250.000 € (im Jahr 2007) werden durch die Generalsanierung gesenkt. Deutliche Einsparungen an Reparatur- und Energiekosten leisten einen wesentlichen Beitrag zu

den Sanierungsaufwendungen. Nachhaltig wirkt sich dabei aus, dass die Betriebskosten über einen langen Nutzungszeitraum hinweg stabil gehalten werden und nicht den hohen Preissteigerungen der fossilen Brennstoffe unterliegen.

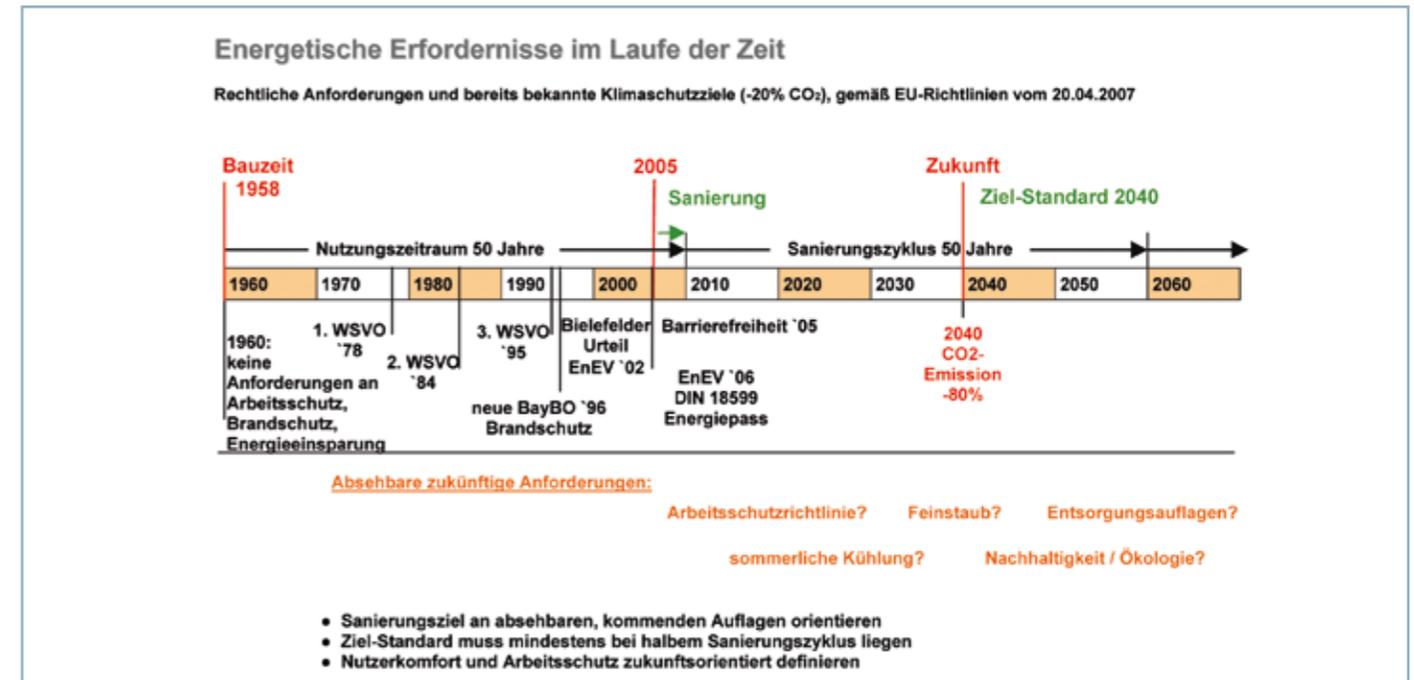
Ein Sanierungsstandard sollte sich generell nicht nur an gesetzlichen Mindeststandards oder nur an baulichen Defiziten orientieren, sondern im Rahmen einer Gesamtbewertung der Lebenszykluskosten (aus Investitionskosten, Betriebskosten, Wartung, Reinigung, Instandhaltung und Rückbau) eine optimierte Lösung erarbeitet werden.

Nutzungskomfort und -sicherheit

Der Komfort für Nutzer und Besucher kann deutlich verbessert werden:

Eine behindertengerechte Nutzung des Rathauses wird möglich. Die Büroräume werden erstmals ausgewogener temperiert, d.h. mittels Temperierungsflächen im Winter geheizt und im Sommer gekühlt. Die Frischluftversorgung erfolgt über eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG). Zuglufterscheinungen entfallen zukünftig. Sommerlichen Raumtemperaturen werden bis auf wenige Überschreitungen auf 26° C begrenzt.

Die Brandschutzqualitäten werden wesentlich verbessert.



Rechtliche Anforderungen im Laufe der Zeit und bereits bekannte Klimaschutzziele - 20 % CO₂, gemäß EU-Richtlinie vom 20.04.2007

Weitere Optimierung im Rahmen der Sanierungsplanung.

Grundsätzlich ist empfehlenswert, bei allen kommunalen Gebäuden eine Primär-Energie- Einsparung von ca. 80 % durch jeweils ganzheitliche Sanierungen zu erreichen, da nur so die politische Verpflichtung von 1991 bzw. 2007, Senkung des CO₂ - Ausstoss in der BRD bis 2040 um 80 %, erfüllt. Das heißt, die vorausschauende Zielsetzung der Stadt Aschaffenburg aus dem Jahre 2002 bzw. 2004 wurde mittlerweile durch die Bundespolitik inhaltlich bestätigt.

Daraus ist zu folgern, dass in den nächsten Jahren der Standard, der durch die Untersuchungen als Bestmöglichkeit erarbeitet wurde, zur Normalität erklärt werden wird.

Heutige Aufgabenstellungen für zukunftsfähige Gebäude

Die Anpassung von Bestandsgebäuden an heutige Komfort-Standards erfordert u.U. einen erheblich höheren Energieverbrauch, als ursprünglich vorhanden (z.B. aufgrund höheren Beleuchtungsbedarf durch aktuelle Normen, Klimatisierung zur Umsetzung verbesserter Arbeitsplatzvorschriften)

Für eine nachhaltige Wirtschaftlichkeit von Investitionen in Gebäude muss eine Betrachtung der gesamten Nutzungsdauer einschließlich der vorgelagerten Prozesse (Rohstoffgewinnung, Produktion, Energieeinsatz, Transport) und der Kosten für

Rückbau und Entsorgung geführt werden. Eine reine Bewertung der Investitionskosten ist in Hinblick auf den gesamten Lebenszyklus einer Immobilie nicht aussagekräftig. Infolge einer Lebenszyklusbetrachtung und in Hinblick auf Energie und Wirtschaftlichkeit werden nur nachhaltig optimierte Gebäude langfristig sinnvoll sein.

„Nicht der Wechsel des Brennstoffes löst das Problem, sondern die Verringerung der Brennstoffmenge“

Wichtig sind bei allen Maßnahmen die Einsparung und eine möglichst effiziente Primärenergieverwendung.

So kann es ökologisch sinnvoller sein, Wärme, Kälte und Strom mittels eines erdgasbetriebenen BHKW und Wärmepumpe bei umfassenden Dämmmaßnahmen zu erzeugen als ohne umfassende Dämmmaßnahmen die Wärmeerzeugung auf Biomasse umzustellen und einen hohen Strombedarf zu Klimatisierung und Beleuchtung aus dem öffentlichen Netz zu decken.

Fördermöglichkeiten und Finanzierungsmöglichkeiten nutzen

Gebäudekosten sollten als Baukosten zuzüglich 30 Jahre Unterhalts- und Verbrauchskosten beurteilt und darauf aufbauend gefördert werden. Ebenso sollte die „Servicefreundlichkeit“ von Gebäuden gefordert werden (z. B. die Zugänglichkeit von Leitungen oder die Archivierung aller Bauteile und -stoffe anhand von Produktdatenblättern)

Vor allem jedoch muss die Entlastung der Umwelt und damit die Verringerung von finanziellen und ökologischen Belastungen für zukünftige Generationen das Hauptziel sein.

Leistungsbild

Die Ausbildung von Architekten und Ingenieuren ist überwiegend auf den Neubau ausgerichtet.

Die Lehrinhalte orientieren sich somit verstärkt an den Aufgabenstellungen der Vergangenheit und zu wenig an den Herausforderungen der Zukunft.

Zuständigkeiten von Architekten und Ingenieuren werden gemeinhin als eng voneinander abgegrenzt verstanden, fachliche Anforderungen häufig nur in Spartenbereichen erhoben.

Der Architekt zeichnet verantwortlich für den Entwurf und gestaltet das Gebäude, die Fachingenieur gelten der „technische Ausstatter“ der Entwurfsidee. Sie werden häufig erst nach Erstellung eines architektonischen Konzeptes durch den Bauherrn beauftragt und sollen die gestalterischen Vorgaben ermöglichen. Energetisch Konsequenzen lassen sich nur noch mit hohem Aufwand umsetzen, nachhaltige Ideen mitunter schwer integrieren.

Gefordert ist hier von Anfang an eine fachübergreifende Zusammenarbeit, die jedoch einer fachlichen Leitung bedarf.

Diese muss die Grundkenntnisse des Zusammenspieles bauliche Möglichkeiten,

energetische und ökologische Potentiale sowie die gegenseitigen Auswirkungen und Systemunterschiede kennen.

Energetische Projektleitung

Vorkonzepte können nur dann belastbar sein, falls zugrunde liegende Simulationsergebnisse mit den Ergebnissen vor Ort übereinstimmen können. Das bedeutet Grundlagen müssen möglichst genau erfasst und ausgewertet werden. Das erfordert dreidimensionale Plandarstellungen, in hoher Genauigkeit, mit genauer Detailsausführungsangabe und Materialeigenschaftsangabe.

Des Weiteren ist es unbedingt notwendig, dass es eine ganzheitliche Projektleitung gibt. Das heißt, ein Projektleiter muss die Grundbegriffe

- Bestandserfassung
- Problemanalyse des Bestandsgebäudes
- sicherheitstechnische- und zukünftige Auflagen, wie z.B. Brandschutz, Barrierefreiheit
- sowie Energieberatungsgrundsätze in erweiterter Form inkl. sommerlichen Wärmeschutz und interne Wärmelasten

soweit beherrschen, dass er jeweils die planungstechnischen Auswirkungen abschätzen kann. Es ist hier ein energetischer und baulicher „Sanierungsmanager“ mit der Grundausbildung Architektur, mit zusätzlichem Fachwissen, notwendig.

Diese Spezialisierung bzw. Ergänzung des Architekten-Berufsbildes wird in der Zukunft eine sehr große Rolle spielen. In der ganzheitlichen Nachfolgekosten sparen der Sanierung von Gebäuden aller Art wird ein Schwerpunkt der zukünftigen Bautätigkeiten liegen.

Aktuell sollte ein Netzwerk von ganzheitlich planenden Sanierungsfachleuten entstehen. Ausbildungsreihen für die Zukunftsaufgaben „energetische, ökologische, ökonomische Zukunftssanierung von Gebäuden“ sind zu veranstalten. Die Zukunftsaufgabe entlastet dann Unterhalts Haushalte und stärkt Investitionshaushalte, die vorrangig für zukunftsfähige Sanierungen verwendet werden sollten.

Verwaltungsgebäude sind in ihren Anforderungen zu Verbrauchswerten nicht mit Wohngebäuden vergleichbar. Aufgrund der umfangreichen Gebäudetechnik ergeben sich höhere Primärenergiewerte als bei Wohngebäuden. Zumeist aufgrund des höheren Primärenergieaufwandes für elektrischen Strom.

G) Anhang

Glossar

Energieeffizienz

Effiziente Nutzung von Energie durch Einsparen von Energie, Nutzung von Energietechnologien mit hohem Wirkungsgrad und Verwendung von erneuerbaren Energiequellen.

Kraft-Wärme-Kopplung

Kopplung von Strom- und Wärmeerzeugung. Gegenüber einer getrennten Erzeugung wie in großen Kraftwerken ist dabei eine bessere Brennstoffausnutzung möglich.

Raumkühlung

Kontrollierte Kühlung eines Innenraumes, um dadurch der Überhitzung durch Sonneneinstrahlung, Technisierung und Personen entgegenzuwirken und die Behaglichkeit aufrecht zu erhalten.

Temperierungsflächen

Mit Rohrleitungen versehene Flächen, die den Raum temperieren, d.h. je nach Bedarf heizen oder kühlen.

Wärmebrücke

Teilbereich einer Konstruktion, durch den Wärme schneller nach außen transportiert wird, als durch angrenzende Bauteile. Wärmeenergie kann aufgrund hoher Wärmeleitfähigkeit (z.B. bei Stahl oder Beton) oder durch eine vergrößerte Bauteiloberfläche (z.B. Auskragungen)

Tageslichtlenkung

Lenkung von Sonnenstrahlen (z.B. durch besonders ausgeführte Lamellen), um das natürliche Tageslicht in Gebäuden nutzbar zu machen und den Aufwand von elektrischem Strom zur künstlichen Belichtung zu verringern.

Energieeffiziente Beleuchten

Effiziente Beleuchtung von Räumen durch Verringerung der eingesetzten Energie: u. a. durch Einbeziehung von Tageslicht und Verringerung der künstlichen Beleuchtungsenergie durch Leuchten mit hohem Wirkungsgrad und gezielter Regelungsstrategien (Tageslichtsteuerung und Präsenzmelder).

Synergieeffekt

Positiver Effekt der sich aus dem Zusammenspiel zweier oder mehrerer Situationen ergibt.

Absorptionskältemaschine

Maschine, die durch Verdichten eines temperaturbeeinflussten Kältemittels Kühle erzeugt. Diese Kühle wird in einem Lösungsmittelkreislauf bei geringer Temperatur in einem zweiten Stoff absorbiert und bei höheren Temperaturen desorbiert.

Lüftung mit Wärmerückgewinnung

Anders als bei einer Fensterlüftung geht die Wärme der Innenluft nicht verloren, sondern wird bei kontrollierten Lüftungsanlagen durch Wärmetauscher wiedergewonnen und zur Erwärmung der frischen Zuluft genutzt.

Hygienischer Luftwechsel

Luftwechsel, der notwendig ist, um ein hygienisches Raumklima zu gewährleisten. Dieses hängt im Wesentlichen von der CO₂-Belastung im Innenraum ab.

Primärenergie

Damit bezeichnet man in der Energiewirtschaft Energie, die mit den natürlich vorkommenden Energieformen oder Energiequellen zur Verfügung steht. Wie etwa Kohle, Gas oder Wind.

Innendämmung

Dämmung an der Innenseite der Gebäudehülle (z.B. an Wänden oder Decken).

Kondensat

Feuchtigkeit, die beim Übergang vom gasförmigen in den flüssigen Aggregatzustand entsteht.

Tauwasseranfall

Wasserdampf, der durch Abkühlen der Luft unter den Taupunkt kondensiert (z.B. an kalten Bauteiloberflächen von Wärmebrücken).

Verzeichnis Foto-Quellen

Seite 1 Projektgruppe Rathaussanierung

Seite 5 Stadt Aschaffenburg

Seite 6 Projektgruppe Rathaussanierung

Seite 9

Seite 11 Projektgruppe Rathaussanierung

Seite 12 links oben Projektgruppe Rathaussanierung
rechts oben Projektgruppe Rathaussanierung
rechts unten Projektgruppe Rathaussanierung

Seite 13 oben Haase
unten Haase

Seite 14 Haase

Seite 15 Haase

Seite 16 Stadt Aschaffenburg

Seite 21 Haase

Seite 23 EARM (Energieagentur Rhein Main)

Seite 24 Haase

Seite 26 Haase

Seite 28 Jung

Seite 30 Haase

Seite 31 Haase

Seite 32 Haase

Seite 33 Haase

Seite 36 IWU / Haase

Seite 42 Haase

Seite 43 Haase

Seite 45 Haase

Seite 46 Haase

Seite 48 Haase

Seite 49 Haase

Seite 50 Haase

Seite 52 Xella

Seite 53

Seite 54 Rauh

Seite 55 Haase

Seite 56 links RetroSolar
rechts Haase

Seite 57 Haase

Seite 58 Haase

Seite 59 Haase

Seite 60 Haase

Seite 61 Haase / LEGEP

Seite 63 Haase

Seite 64 oben Haase / LEGEP
mitte Haase / LEGEP
unten Haase / LEGEP

Seite 65 Ing. Büro Jung / Köln

Seite 66 oben Ing. Büro Jung / Köln
unten Ing. Büro Jung / Köln

Seite 67 Haase

Seite 68 Haase

Seite 69 Haase

Seite 71 Haase

gefördert durch



Deutsche Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Az. 22422-25

Impressum

Herausgeber:

Redaktion:

Textbearbeitung:

Fotos:

Druck:

Auflage:

