

Bewilligungsempfänger:  
Stadt Aschaffenburg  
Dalbergstraße 15, 63739 Aschaffenburg

Rathaus Aschaffenburg

Abschlussbericht über die integrale  
modellhafte energieeffiziente Sanierungsplanung eines denkmalgeschützten Gebäudes

gefördert unter dem AZ 22422-25  
von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU)



Verfasser:  
Herr Werner Haase, Dipl.-Ing. (FH)  
Architekturbüro Werner Haase



Karlstadt, November 2009



10/97		<b>Projektkennblatt</b> der <b>Deutschen Bundesstiftung Umwelt</b>		 Deutsche Bundesstiftung Umwelt	
Az	<b>22422</b>	Referat	<b>25</b>	Fördersumme	<b>120.000 €</b>
<b>Antragstitel</b>		Modellhafte energetische Sanierungsplanung zur denkmalgeschützten 50er-Jahre-Fassade des Rathauses Aschaffenburg			
<b>Stichworte</b>		Baubestandspflege , Denkmal , energieeffizientes Bauen , Haustechnik , integrale Bauplanung			
Laufzeit		Projektbeginn		Projektende	
<b>30 Monate</b>		<b>13.12.2004</b>		<b>30.06.2007</b>	
Zwischenberichte		halbjährlich			
<b>Bewilligungsempfänger</b>		Stadt Aschaffenburg Dalbergstr. 15 63739 Aschaffenburg		Tel 06021 / 330-261 Fax 06021 / 330 682 Projektleitung OB Klaus Herzog Bearbeiter Heike Richter	
<b>Kooperationspartner</b>		Architekturbüro Werner Haase Julius-Echter-Str. 59 97753 Karlstadt Tel. 09353-9828-0 – Fax 09353-6375			
<b>Zielsetzung und Anlass des Vorhabens</b>					
<p>Das Rathaus umfasst ca. 36.000 m<sup>3</sup> Umbauter Raum und ist bis zu 6 Stockwerke hoch. Es ist ein Einzeldenkmal aus dem Jahr 1958 und besteht aus einem Stahlbetonskelettbau, der mit Fensterelementen und Porenbeton ausgefacht ist. Die vorgehängte Natursteinfassade muss erhalten werden. Das Hauptproblem des Gebäudes sind unzumutbare Temperaturverhältnisse im Sommer sowie Winter durch schlechte Wärmedämmwerte und großen Fensteranteil ohne ausreichenden Sonnenschutz. Ziel ist eine vorbildliche energieeffiziente Sanierung unter Ausschöpfung der Einsparpotenziale von Außenhülle und Energietechnik. Die hohen Energie- und Instandhaltungskosten durch Reparaturstau sollen nachhaltig reduziert werden. Eine Prämisse des Objektes ist, den sommerlichen Wärmeschutz ohne Einsatz einer primärenergieaufwendigen Klimaanlage zu erreichen. Außerdem muss ein System zur effektiven Innendämmung entwickelt und mit sinnvoller Energietechnik ergänzt werden.</p>					
<b>Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden</b>					
<p>Das Besondere an der Sanierung ist der integrierte, ganzheitliche Planungsansatz, bei dem verschiedenste, z. T. gegenläufige Belange geprüft und abgewogen werden müssen. Die während dem Planungsablauf auftretenden Erkenntnisse, sowie Vorgaben aus den unterschiedlichsten Bereichen müssen mit den Zielvorgaben und technischen Möglichkeiten abgeglichen und auf Auswirkungen auf alle anderen Bereiche geprüft werden. So ist ein ständiger Rückkoppelungsprozess notwendig, damit sich die Einzelmaßnahmen nahtlos ins Gesamtkonzept fügen und sich dabei optimal ergänzen. Die wesentlichen Arbeitsschritte sind:</p>					
<p>- <b>Bestand erfassen:</b> Sichtung der Planunterlagen, Prüfung auf Übereinstimmung mit dem Bauwerk, Erstellung eines Raumbuchs, Aufzeichnung von Klimadaten, Hinterfragen von bestehenden Untersuchungen.</p>					
<p>- <b>Rahmenbedingungen festlegen:</b> Berücksichtigung von rechtlichen Belangen (Denkmalschutz, Brandschutz, Arbeitsschutz, Wärmeschutz), Formulierung von Zielvorgaben (regenerative Energien, Verbrauchsreduktion Heizung / Strom, sommerlicher Wärmeschutz, Kühlung, Wirtschaftlichkeit).</p>					
<p>- <b>Mögliche Einzelmaßnahmen entwickeln:</b> Erarbeitung von Maßnahmen zur Verbesserung der Gebäudehülle und Gebäudetechnik unter Gewährleistung eines guten Raumklimas bei reduziertem Energieaufwand.</p>					
<p>- <b>Gesamtheitliche Sanierungsstrategie erstellen:</b> Integration der einzelnen Maßnahmen, Überprüfung der Lösungswege mittels Simulationen und Einbindung neuester technischer Erkenntnisse unter gezielter Nutzung von Synergieeffekten aus der Verbindung der Einzelmaßnahmen.</p>					
<p>- <b>Planerische Lösungen finden:</b> Umsetzung der Ergebnisse in praktikable Lösungen in teilweise unüblichen Kombinationen einzelner erprobter Techniken.</p>					
<small>Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • <a href="http://www.dbu.de">http://www.dbu.de</a></small>					

## **Ergebnisse und Diskussion**

Die erarbeiteten Lösungen zur Generalsanierung des Rathauses in Aschaffenburg verdeutlichen, wie wichtig eine integrale Planung ist. Es müssen bei der Abklärung der Energieeinsparmöglichkeiten sehr frühzeitig die damit verbundenen „Anschlussprobleme“ erkannt und parallel bearbeitet werden, um eine praktikable Lösung zu finden. Es ist daher notwendig, für die verschiedenen Fragefelder die entsprechenden Fachleute entweder ausfindig zu machen oder aber sie im Büro selbst zu beschäftigen. Des Weiteren müssen gerade bei einem Bestandsgebäude unter Denkmalschutz alle Energieeinsparmöglichkeiten parallel betrachtet werden, da z. B. die Möglichkeiten der Nachdämmung stark eingeschränkt sind, ebenso können nicht beliebig z. B. Solarkollektoren dem Denkmal aufgesetzt werden. Daher ist es notwendig, ein möglichst effizientes Energiemanagement zu entwickeln, welches innerhalb des Gebäudes Energiegewinne mit Energieverlusten „verrechnet“ bzw. Energieströme entsprechend lenkt. D. h. Es müssen hoch Energie verbrauchende Systeme wie z. B. Klimaanlage vermieden werden und dafür möglichst weitgehend Wärmeprozesse rückgewonnen bzw. integriert werden. Möglichst mehrfach.

Bei einem Denkmal müssen die alten, angewandten Bautechniken erkundet werden, um die bestehende Konstruktion in ihrem Aufbau zu verstehen und möglichst mit angemessenen handwerklichen Mitteln die entsprechenden Reparaturen durchzuführen. Es ist oft nicht zielführend, aktuelle Arbeitstechniken oder auch DIN-Normen den alten Bautechniken „überstülpen“ zu wollen. Ein angemessenes Handeln ist hier angesagt. Zum Teil müssen entsprechende Restauratoren oder Fachleute, die das alte Handwerk noch verstehen, eingebunden werden.

Die vorgesehenen Reparaturmaßnahmen müssen sich mit den Bestandsmaterialien vertragen. Die Baustoffe sind auf Nachhaltigkeit und Langlebigkeit zu prüfen, damit ein möglichst langer Zeitraum frei von zukünftigen Sanierungen bleibt. Es ist auch nicht zielführend, eine aktuelle Energieeinsparverordnung als Mindestwert einzuhalten; hier ist es so, dass eher ein zu erwartender Energiestandard des Jahres 2030 anzustreben ist, da dadurch ein möglichst hohe Langlebigkeit der Maßnahmen erreicht wird.

Während der Planungsarbeiten sind die machbaren Lösungen so zu gestalten, dass der Baubetrieb und die Umsetzung in Bauabschnitten bei ansonsten benutzten Rathaus möglich ist. So kann z. B. keine Klimaanlage mit großen Rohrquerschnitten verwendet werden, da diese im Bestand keinen Platz findet und außerdem kein Sanieren in kleinen Bauabschnitten oder Stockwerksweise möglich wäre.

An Hand von Simulationen und Prognoseberechnungen haben sich die o. g. Kriterien als richtig erwiesen; so können durch die ganzheitliche Sanierung mit hohem Energieeinsparpotential jährlich hohe Beträge im Unterhaltshaushalt für Energie- und Instandsetzungskosten vermieden werden, die zu einem großen Teil die zu erwartenden Zins- und Tilgungsbelastungen auffangen. Es ist sogar zu erwarten, dass nach ca. 15 Jahren das Einsparpotential höher ist, als die dann notwendigen Zins- und Tilgungskosten inkl. der Energiekosten. Dadurch ergibt sich eine gewisse Wirtschaftlichkeit für die Investition, die normalerweise bei einem zusätzlichen Neubau nicht erreicht wird, da dieser in der Regel zusätzliche Nachfolgekosten verursacht. Während die ganzheitliche, energetisch optimierte Sanierung das Potential hat, bestehende und in Zukunft noch wachsende Unterhaltskosten durch die Sanierung einzusparen. D. h. eine umfassende Generalsanierung der beschriebenen Art kann mittelfristig zur Entlastung des kommunalen Haushaltes führen mit dem zusätzlichen Vorteil, in der Zwischenzeit ein modernes, mitarbeiter- und kundenfreundliches Haus nutzen zu können. Der Aspekt z. B. eingesparte Krankentage oder besseres Arbeitsklima ist schwer messbar und nicht Gegenstand der Betrachtung.

### **Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation**

Da das Rathaus Aschaffenburg ein öffentliches Gebäude ist, wurden die einzelnen Erkenntnisschritte in öffentlichen Stadtratsitzungen vorgestellt und von der Presse in die Öffentlichkeit getragen. Des Weiteren wurde eine Broschüre erstellt mit dem Vorwort des 1. Bürgermeisters Klaus Herzog. Diese dient zur Information von interessierten Bürgern. Innerhalb der Vortragstätigkeit zu energieoptimierten Sanierungen im Bestand ist durch Herrn Haase das Rathaus Aschaffenburg immer wieder beispielhaft vorgestellt worden. Dadurch, dass in einem ersten Bauabschnitt bereits das Bürger-Service-Büro seit Ende 2006 in Betrieb ist, wird auch hier der Öffentlichkeit die Sinnhaftigkeit der ganzheitlichen Sanierung dargestellt.

### **Fazit**

Die hochwertigen Planungsergebnisse in Verbindung mit eingesparten Nachfolgekosten und der erzielbaren Nachhaltigkeit dienen in der Stadt Aschaffenburg auch bei anderen Bauvorhaben als Beispiel und haben die Planungsstandards verbessert. Die zu erwartenden Energieverbrauchskennwerte können als Anhalt für andere Sanierungen dienen. Interessant hierbei ist, dass die Sanierungskosten etwa halb so hoch sind, als ein vergleichbarer Neubau und die erzielten Nutzerqualitäten einem Neubau gleichkommen. Es ist somit eindeutig, dass eine umfassende, ganzheitliche, energetische Sanierung eines Bestandsgebäudes den Restwert des Gebäudes voll erhält, die im Gebäude gebundenen Materialien und Energien weiter nutzt und den Verbrauch an Ressourcen deutlich einschränkt.

## **Inhaltsverzeichnis**

Verzeichnis von Bildern, Zeichnungen, Grafiken und Tabellen	Seite 7	
Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen	Seite 9	
<b>A</b>	<b>Zusammenfassung</b>	Seite 11
<b>B</b>	<b>Einleitung</b>	Seite 12
<b>C</b>	<b>Hauptteil</b>	Seite 23
	Planungsmethodik	Seite 23
	Sanierungskonzept	Seite 37
	Energiekonzept	Seite 42
	Technische Detailfragen	Seite 51
	Umweltentlastung	Seite 67
	Wirtschaftlichkeit	Seite 68
<b>D</b>	<b>Fazit</b>	Seite 78

## **Verzeichnis von Bilder, Zeichnungen, Grafiken und Tabellen**

- [Abb. 1] Jährliche Energiekosten
- [Abb. 2] Modell des Entwurfes
- [Abb. 3] Luftbild
- [Abb. 4] Städtebaulicher Entwurf
- [Abb. 5] Eingangsportal
- [Abb. 6] Astronomische Uhr
- [Abb. 7] Tragstruktur Gebäudeteil A
- [Abb. 8] Schnitt Hauptbau A
- [Abb. 9] Nutzungsstruktur im 1. OG
- [Abb. 10] Laufende Kosten
- [Abb. 11] Digitaler Bestandswerkplan
- [Abb. 12] Thermografie
- [Abb. 13] Fassadenansicht mit Plattengliederung und Konstruktion
- [Abb. 14] Darstellung der Zoneneinteilung
- [Abb. 15] Ungedämmter Stahlbeton
- [Abb. 16] Hoher Verglasungsanteil
- [Abb. 17] Problematischer Sonnenschutz
- [Abb. 18] Unausgewogene Raumbeheizung
- [Abb. 19] Wachsende Hitzebelastung durch zunehmende Technisierung der Arbeitswelt
- [Abb. 20] Grafik Innenraumtemperatur
- [Abb. 21] Grafik Wärmeeintrag
- [Abb. 22] Primärenergiekennwerte von Beispielgebäuden
- [Abb. 23] Funktionsschema Winterfall
- [Abb. 24] Funktionsschema Sommerfall
- [Abb. 25] PE-Kennwerte
- [Abb. 26] Sandsteinfassade
- [Abb. 27] Fassadenausschnitt des Hauptgebäudes
- [Abb. 28] Schemaschnitt Innendämmung
- [Abb. 29] Oberflächentemperaturen an Wandflächen ohne innenseitige Wärmedämmung
- [Abb. 30] Oberflächentemperatur an Wandflächen mit 10cm Innendämmung
- [Abb. 31] Zeitlicher Temperaturverlauf an der Innendämmung
- [Abb. 32] Temperierungsleitungen vor dem Einputzen
- [Abb. 33] Schemaschnitt Kapillarrohrleitung
- [Abb. 34] Schemaschnitt Fensterkonstruktion mit Einbausituation Massivbau
- [Abb. 35] Abstimmung von Konstruktion und Denkmal
- [Abb. 36] Systemskizze, Jalousie zur Verschattung und Lichtlenkung
- [Abb. 37] Raumwirkung der Lichtlenkung
- [Abb. 38] Pendelleuchte mit Direkt-/ Indirektanteil
- [Abb. 39] Zuluftauslass im Rundrohr
- [Abb. 40] Schemadarstellung Zonenlüftung
- [Abb. 41] Repräsentativer Fassadenausschnitt im Bereich eines Standardbüros
- [Abb. 42] Auswertung der spezifischen Wärmeverluste anhand von Wärmebrücken
- [Abb. 43] Ökologiekennwerte der verschiedenen Varianten
- [Abb. 44] Primärenergiekennwerte
- [Abb. 45] Lebenszykluskosten
- [Abb. 46] Energiebilanz für 23. Juli
- [Abb. 47] Raumkomfort verschiedener Räume im Jahresverlauf
- [Abb. 48] Simulierte Innenraumtemperatur nach der Sanierung

[Abb. 49] Entwicklung der Energiekosten über 30 Jahre

[Abb. 50] Gesamtsanierung nach ganzheitlichem Ansatz

[Abb. 51] Schrittweise Bedarfssanierung

[Abb. 52] Rechtliche Anforderungen im Laufe der Zeit und bereits bekannte Klimaschutzziele

## **Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen**

Begriffdefinitionen gemäß Energieausweis nach EnEV:

### **Primärenergiebedarf**

Der Primärenergiebedarf bildet die Gesamtenergieeffizienz eines Gebäudes ab. Er berücksichtigt neben der Endenergie auch die so genannte „Vorkette“ (Erkundung, Gewinnung, Verteilung, Umwandlung) der jeweils eingesetzten Energieträger (z.B. Heizöl, Gas, Strom, erneuerbare Energien etc.). Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz und eine die Ressourcen und die Umwelt schonende Energienutzung.

### **Endenergiebedarf**

Die Endenergie gibt die nach technischen Regeln berechnete, jährlich benötigte Energiemenge für Heizung, Warmwasser, eingebaute Beleuchtung, Lüftung und Kühlung an. Er wird unter Standardklima- und Standardnutzungsbedingungen errechnet und ist ein Maß für die Energieeffizienz eines Gebäudes und seiner Anlagentechnik. Der Endenergiebedarf ist die Energiemenge, die dem Gebäude bei standardisierten Bedingungen unter Berücksichtigung der Energieverluste zugeführt werden muss, damit die standardisierte Innentemperatur, der Warmwasserbedarf, die notwendige Lüftung und eingebaute Beleuchtung sichergestellt werden können. Kleine Werte signalisieren einen geringen Bedarf und damit eine hohe Energieeffizienz.

### **Nutzenergie**

Die Energie, die tatsächlich genutzt werden kann, z.B. in Form von Wärme, die von den Heizflächen abgegeben wird. Weil aber bei der Verbrennung im Heizkessel und bei der Wärmeverteilung durch Heizungsrohre im Haus Verluste entstehen, ist die Nutzenergie kleiner als die Endenergie. Diese Verluste können bei alten Heizungen bis zu 50 % betragen und bei modernen Heizungen bis unter 10 % reduziert werden.

### **Heizwärmebedarf**

Der Jahresheizwärmebedarf eines Gebäudes errechnet sich aus den Transmissionswärmeverlusten durch z. B. Wände, Fenster, Böden und Dächer und dem Lüftungswärmeverlust, vermindert um die solaren Gewinne und die internen Wärmegewinne. Bezieht man diesen Jahresheizwärmebedarf auf die beheizbare Fläche, so erhält man die Energiekennzahl „Heizwärmebedarf pro m<sup>2</sup> und Jahr“.

## Abkürzungen:

kWh	Kilowattstunde
MWh	Megawattstunde
BRI	Brutto-Rauminhalt
BGF	Brutto-Grundfläche
NGF	Netto-Grundfläche
VF	Verkehrsfläche
FF	Funktionsfläche
HNF	Hauptnutzfläche
NNF	Nebennutzfläche
A/V-Verhältnis	Verhältnis von Gebäudehüllfläche A zu Brutto- Gebäudevolumen V
P	Person/Besucher
EnEV	Energieeinsparverordnung
WLG	Wärmeleitfähigkeitsgruppe
BHKW	Blockheizkraftwerk
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau

## A Zusammenfassung

- Der Erhalt der denkmalgeschützten Fassade ist möglich:  
Die charakteristische Sandsteinfassade mit geringer Konstruktionstiefe und knappen Fugenbild bleibt erhalten. Es sind geringfügige Reparaturen notwendig. Die Erscheinung der Fassade in Verbindung mit den großflächigen Fenstern bleibt ebenso erhalten durch die wie folgt beschriebene Fensterauswahl. Die Standsicherheit wurde statisch nachgewiesen.
- Die Fassade kann zugleich energetisch wesentlich verbessert werden:  
Dämmmaßnahmen an den Wandflächen können mittels kapillaroffener Dämmung innenraumseitig durchgeführt werden. Eine Verbundfensterkonstruktion („2+1“) in Holz-Aluminium-Konstruktion verbessert die Dämmeigenschaften und löst die Sonnenschutzproblematik. Zusätzliche Unterteilungen der Fensterflächen (für andere Fensterkonstruktionen) sind nicht notwendig. Das ursprüngliche Erscheinungsbild ohne aufgesetzte Jalousiekästen wird wieder hergestellt.
- Die vorgeschlagenen Maßnahmen leisten einen wesentlichen Beitrag zur Energieeinsparung:  
Die Energiekosten, Heizung und Strom, werden von 150.000 € auf weniger als 70.000 € p. a. jedoch inkl. Kühlung (Preisstand 2007) deutlich reduziert. Zukünftige Belastungen durch überdurchschnittliche Preisanstiege von fossilen Energieträgern werden abgemindert.
- Der Raum- und Nutzerkomfort wird wesentlich verbessert:  
Die Büroräume werden vor Überhitzung geschützt. Die bisherigen Raumtemperaturspitzen von über 34°C im Sommer werden deutlich reduziert (max. 26°C gem. Bielefelder Urteil). Der Verwaltungsbetrieb und Einsatz von EDV-Geräte kann aufrechterhalten werden.  
Trotz Kühlung, um einen zufrieden stellenden Komfort zu gewährleisten, werden in der Gesamtbilanz die Energiekosten verringert.
- Es wird ein Beitrag zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen geleistet:  
Durch eine konsequente Gesamtsanierung, kann der Energiebedarf deutlich reduziert werden. Eine Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von 573 t auf 244 t CO<sub>2</sub> p.a. ist möglich. Ein weiter Anstieg auf 725 t CO<sub>2</sub> bei Vollklimatisierung wird vermieden.
- Nur durch eine ganzheitliche Planung ist es möglich, das komplexe Thema Energieeinsparung, Gebäudesanierung, Brandschutzmaßnahmen, Denkmalschutzaufgaben, Gestaltungsanforderungen, Bauphysikalische Probleme sowie notwendige Reparaturmaßnahmen aufeinander abzustimmen und die dabei vorhandenen Synergiemöglichkeiten auszunutzen. Hierbei sind auch die vorhandenen Maßstäblichkeiten von Anfang an über eine genaue Bestandserfassung zu berücksichtigen, da z. B. bereits in der Vorplanungsphase Rohrleistungsdimensionen und -trassen geplant werden müssen und Kollisionspunkte mit anderen Versorgungsmedien geklärt werden müssen. Für die Durchführung ist eine dauernde Qualitätskontrolle und Überprüfung der Zieleinhaltung notwendig. Dies sollte über eine so genannte energetische Projektsteuerung mit entsprechender Vermessung der Ergebnisse erfolgen.

## **B Einleitung**

### **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 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 Finanzhaushalt.

#### **Unzureichende klimatische Situation 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 CO<sub>2</sub> eingespart.

**Rathaus Aschaffenburg**  
**Energiekosten Wärme & Strom [€/a] Bezugsjahr 2007,**  
 Preissteigerung Wärme 5% p.a., Strom 3,5% p.a.

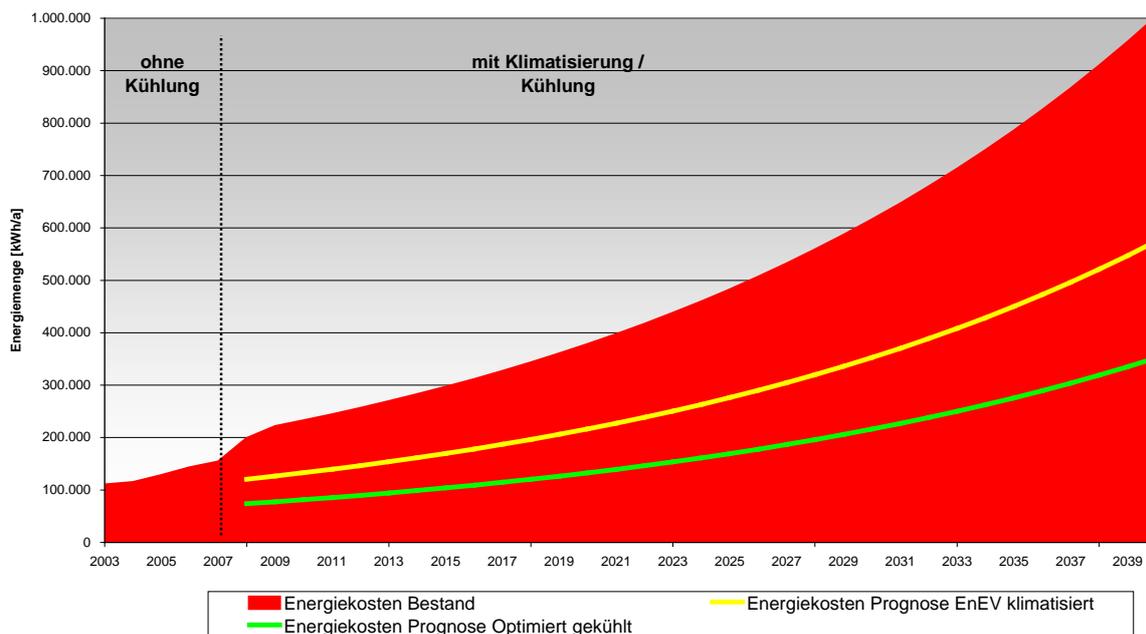


Abb. 1 : Jährliche Energiekosten

Durch eine 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 Haushaltssituation 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.

## Ausgangslage Historie

*„Dalbergstraße 15, Rathaus, dreiteilige Baugruppe, siebengeschossiger, würfelförmiger Hauptbau mit glasüberdachter piazzettaartiger Halle, dreigeschossiger Mitteltrakt mit Innenhof, Sitzungssaalbau mit rekonstruiertem Säulenportikus von Emanuel Josef d´Herigoyen (1790), 1956/58 von Diez Brandi“*

Quelle: Bayerische Denkmalliste

Der Entwurf für das Rathaus Aschaffenburg geht auf einen im Jahr 1948 ausgelobten, beschränkten Architektenwettbewerb zurück, aus dem der Architekt Diez Brandi 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 Jahr 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 Modernisierung und Instandsetzung unumgänglich.

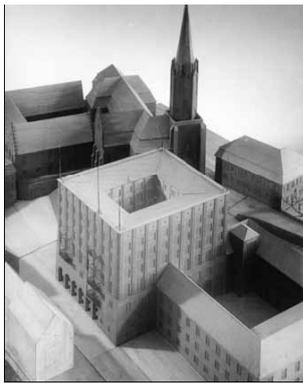


Abb.2: Modell des Entwurfes

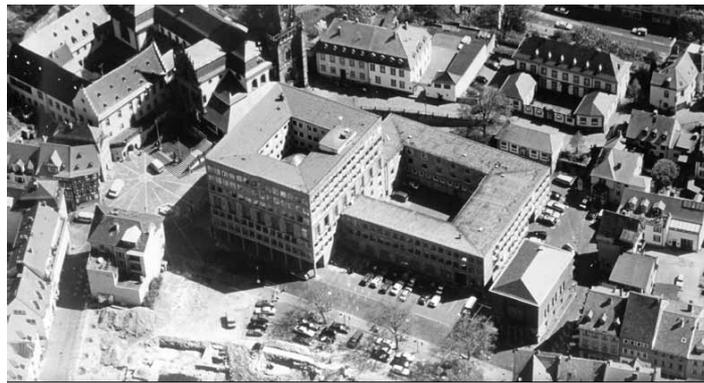


Abb. 3: Luftbild

## 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.

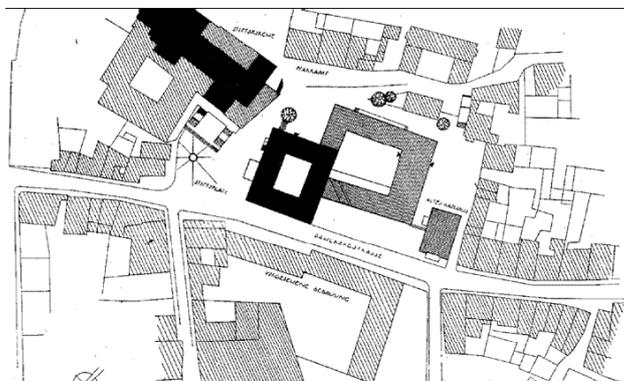


Abb.4 :Städtebaulicher Entwurf



Abb. 5 :Eingangsportal



Abb. 6: Astronomische Uhr

## Bauweise

### Der Rathauskomplex ist in 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 Zweiten 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.

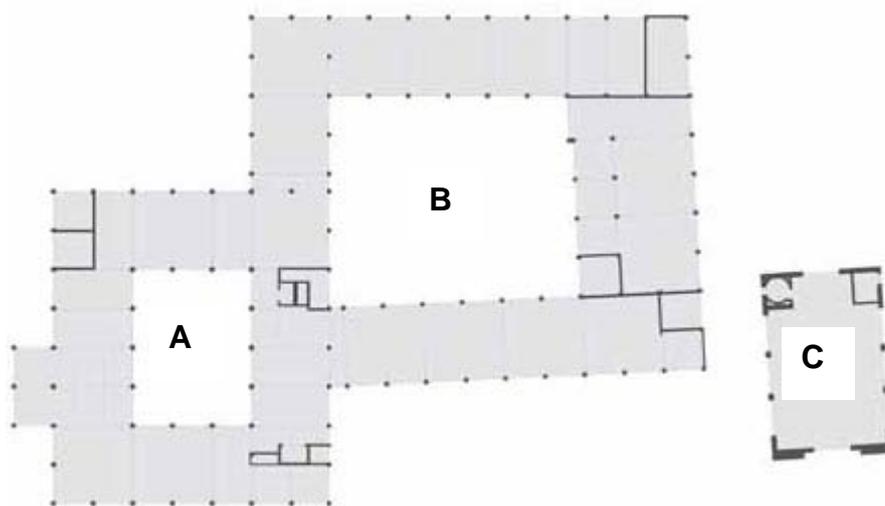


Abb. 7: Tragstruktur Gebäudeteil A (Hochbau), B (Flachbau) und C (Sitzungssaal)

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.

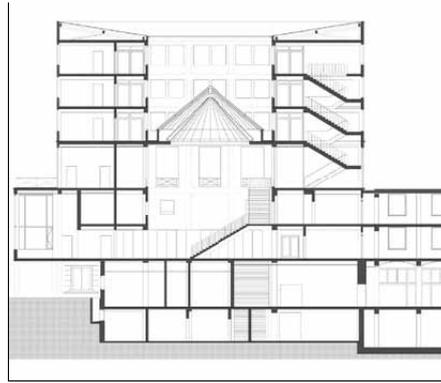


Abb. 8: Schnitt Hauptbau (A)

## 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.

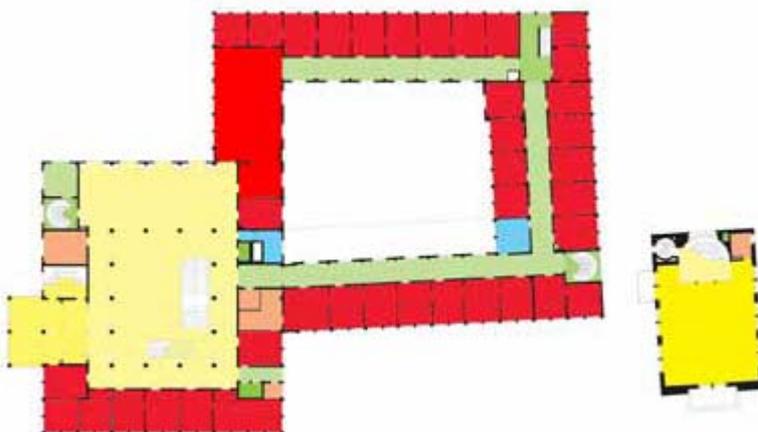


Abb. 9: Nutzungsstruktur im 1. Obergeschoss: Büroräume (rot), Erschließung (grün), Sonderfunktionen (gelb)

### 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 erneuert. 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.

### 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.

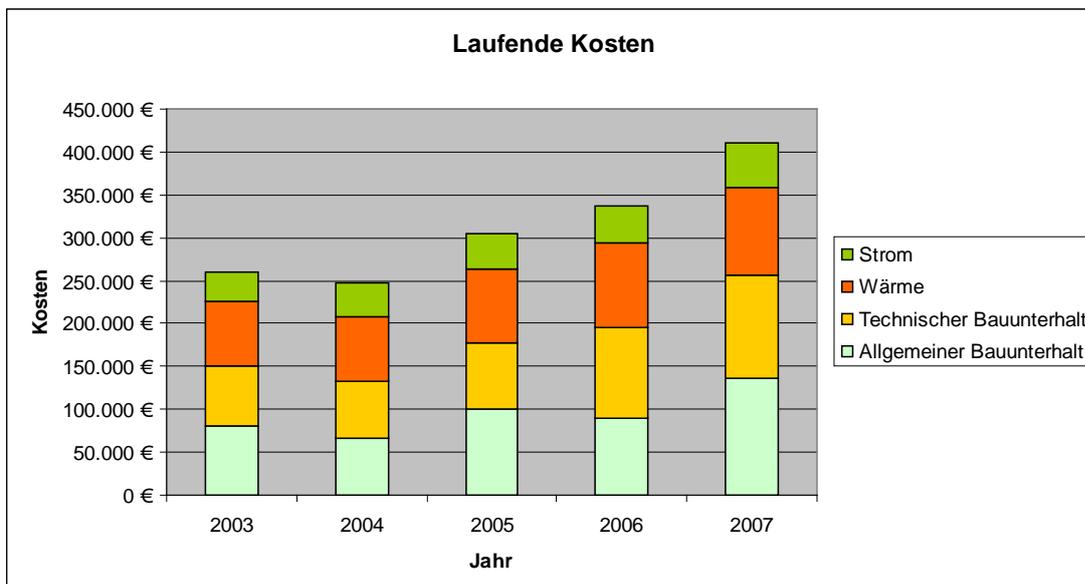


Abb. 10 : Laufende Kosten

## **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 allein 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 Gutachten 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

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 konnten 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 Rundstahlankern (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 größere Eingriffe erhalten bleiben. Bei einer Ersatzkonstruktion 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 2 cm PUR-Dämmung), ohne das Erscheinungsbild gravierend zu verändern.

## **Nutzungskomfort**

Die unzureichenden Arbeitsplatzbedingungen sind ein wesentlicher 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.

## **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 kulturelle Schutzziele Berücksichtigung finden.

Dabei sollten auf Grundlage einer umfassenden Bestandsuntersuchung die Ursachen für Mängel und Missstände ermittelt und eine vernetzte, auf das Gebäude abgestimmte Gesamtlösung erarbeitet werden. Aufgrund der im Vorfeld erlangten Erkenntnisse sollten in Hinblick auf die denkmalgeschützte 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 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 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 Temperierflächen.

## **C Hauptteil**

### **Wege zu einer ganzheitlichen Planung - Planungsmethodik**

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 Abrechnungsunterlagen 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?).

### **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 die Aufarbeitung und Übertragung der vorhandenen und überprüften Planunterlagen in ein gebräuchliches digitales Format dar.

Dies wurde ergänzt durch eine ausführliche Bestandserfassung 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 wurden im weiteren Fortgang der Konzeptionierung Computer-Simulationen wie z.B. zum thermischen Verhalten ermöglicht.

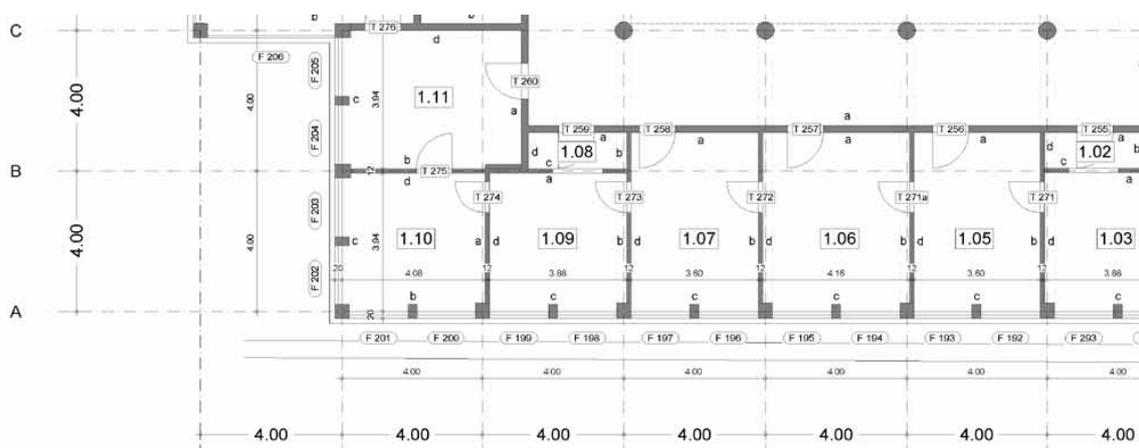


Abb. 11: Digitaler Bestandswerkplan

### 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 dienten 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.

### **Thermografie**

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

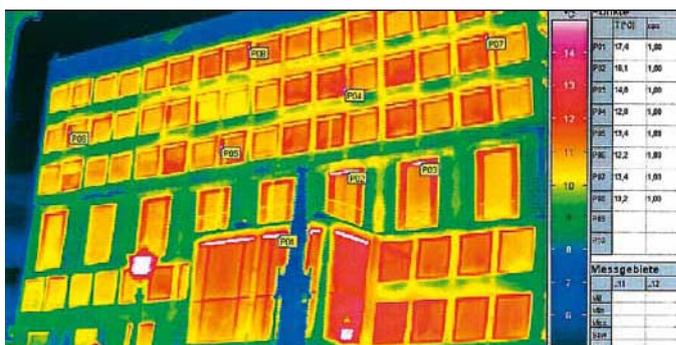


Abb. 12: Thermografie aus dem Energiegutachten von 2002: Oberflächentemperaturen der Außenfassade an einem Wintertag. Hohe Oberflächentemperaturen von über 13°C weisen auf einen hohen Energieverlust schlecht gedämmter Bauteile hin.

## 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 mit 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.

### 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. Verbrauchte 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 wurden 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, künstliche 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 weitere Varianten die Energieflüsse berechnet. Darauf aufbauend wurden verschiedene Systeme 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 Voraussetzung für die weiteren konzeptionellen Vorschläge erachtet. Die Tragfähigkeit der Plattenbekleidung war durch vorangegangene Untersuchungen nachgewiesen worden. Es lagen jedoch keine Informationen 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, Gesimsebereiche und Unergliederungen der Werksteinplatten. Die vorher ermittelte Tragstruktur wurde grafisch 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.

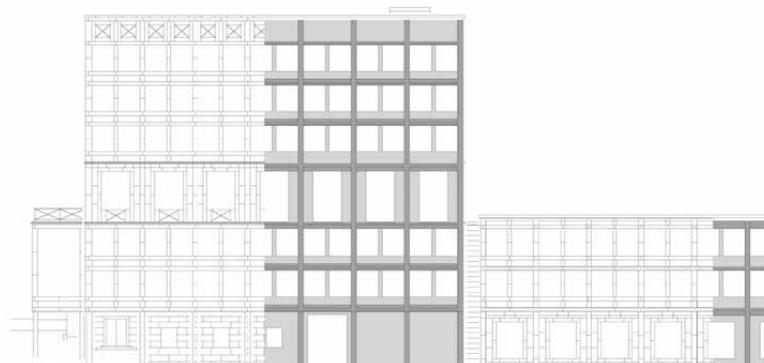


Abb. 13: Fassadenansicht mit Plattengliederung (links) und Konstruktion (rechts)

### **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 Feuchteverhalten 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.

### **Behandlung der Umweltentlastung**

Zur ökologischen Bewertung der untersuchten Varianten wurde eine bauteilbezogene Lebenszyklusanalyse vorgenommen. Dabei wurde auf Grundlage der LEGEPDatenbank das Gebäude elementeweise 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, Sehkomfort, 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 Riuska 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 konstruktive 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.

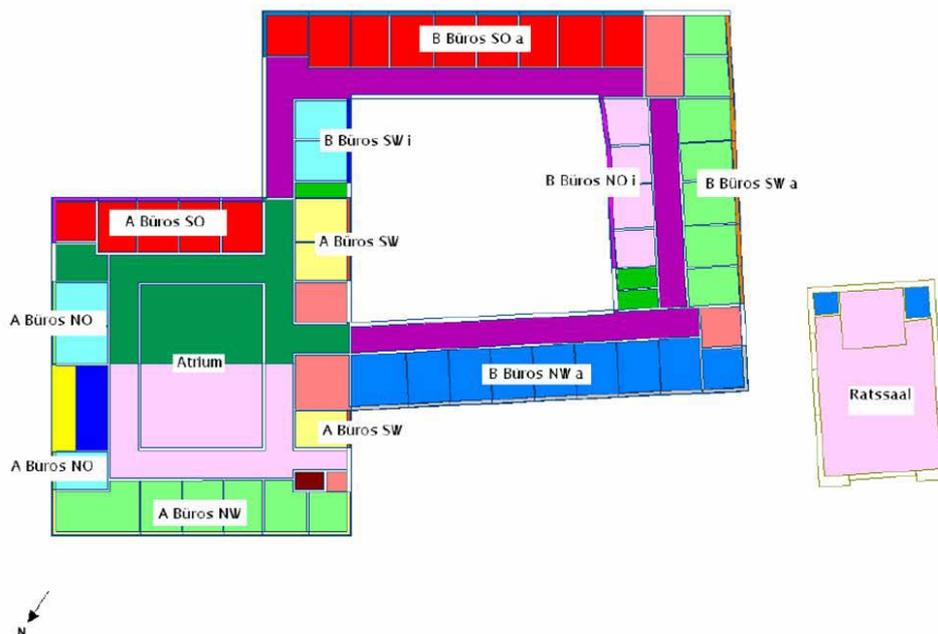


Abbildung 3-4 Zoneneinteilung 2. OG

Abb. 14: 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 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 dienten 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 (-> Umweltrelevante 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.

So bestimmt nicht der Vergleich von einzelnen Maßnahmen (z.B. geringfügige Mehrdicken eines Dämmstoffs oder eine bessere Verglasung), ob diese durch die Einsparung an Energie wirtschaftlich sind. Vielmehr ergibt sich erst im Zusammenspiel unterschiedlicher Maßnahmen, ob ein Sanierungskonzept insgesamt einen Lösungsansatz darstellt, der baulichem Zustand, Denkmalschutz und Nutzeranforderungen in vollem Umfang gerecht wird.

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 Gesamtsanierung gegenüber einer kleinteilig durchgeführten Sanierung untersucht und dargelegt.

## 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 wärmedämmend und werden nur durch die ca. 4-6 cm dicken Sandsteinplatten überdeckt. Diese Bauweise besitzt sehr geringe Dämmeigenschaften.

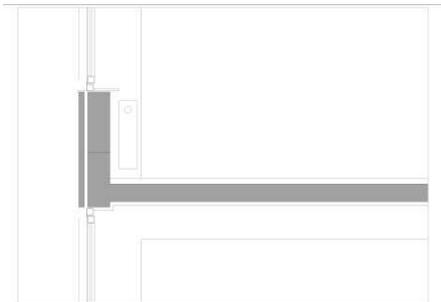


Abb. 15: ungedämmter Stahlbeton

### 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.

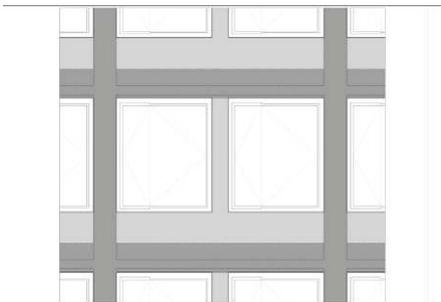


Abb. 16: Hoher Verglasungsanteil

### **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 Überhitzung der Räume.

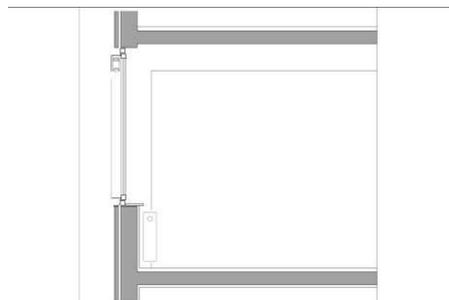


Abb. 17: Problematischer Sonnenschutz

### **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.

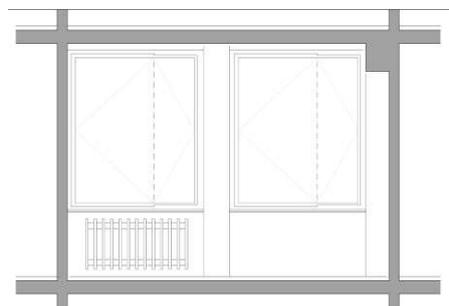


Abb. 18: Unausgewogene Raumbeheizung

### **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.

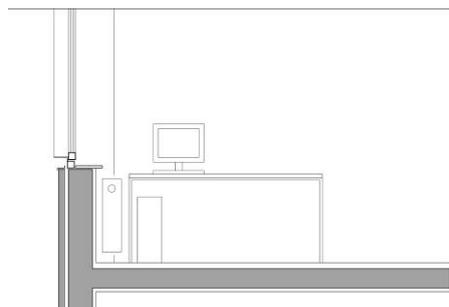


Abb. 19: Wachsende Hitzebelastung durch zunehmende Technisierung der Arbeitswelt

**Tabelle zu internen Lasten der  
Bürraumausstattung**

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

## 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.

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.

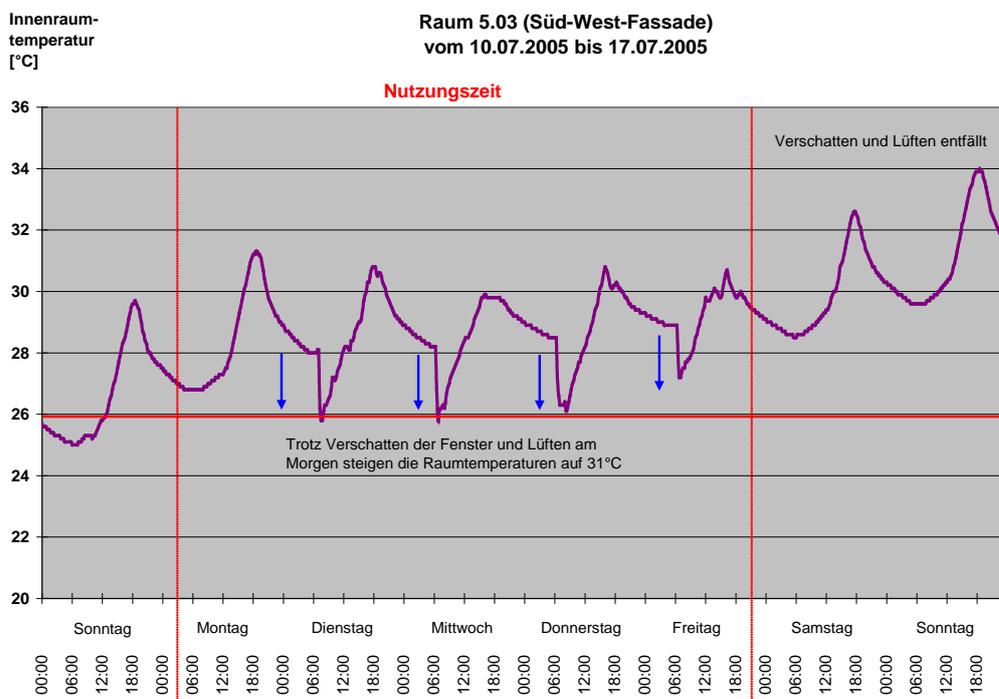


Abb. 20: Die Grafik zeigt: Trotz morgendlicher Kühlung über Fensterlüftung steigt an sonnigen Tagen die Raumtemperatur im Wochenverlauf an und hinterlässt eine Starttemperatur von über 30°C für die Folgewoche.

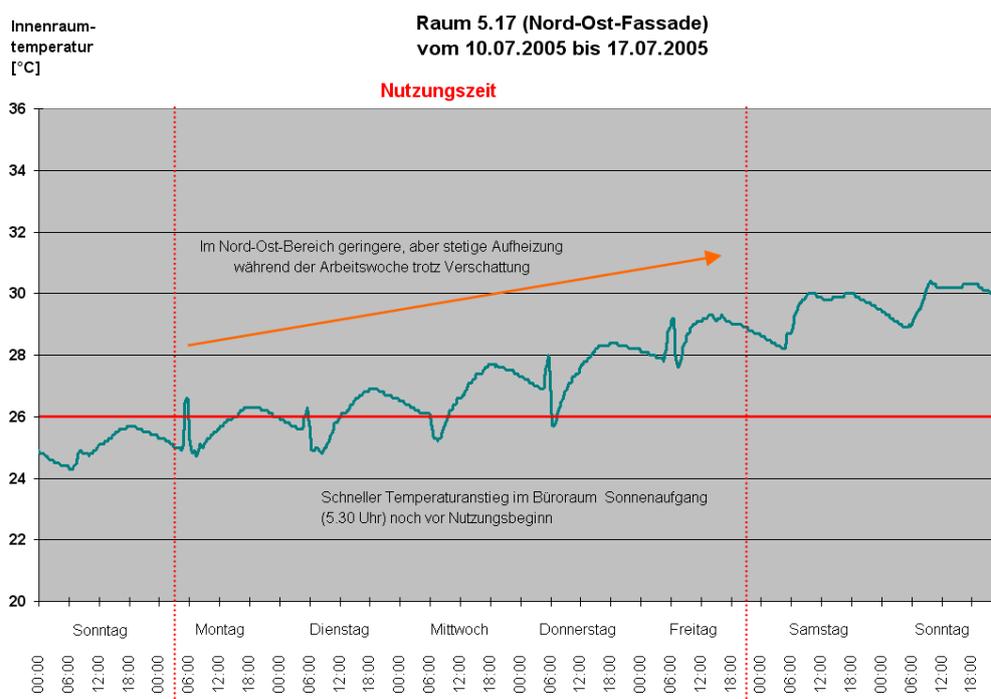


Abb. 21: Die Grafik zeigt starken Wärmeeintrag bei Sonnenaufgang sowie durch die Außentemperaturen des Tages. Die Abkühlung durch morgendliche Fensterlüftung reicht nicht aus. Sie ist aber wesentlich effektiver, als die nächtliche Wärmeabgabe über Wände und geschlossene Fenster.

## Sanierungskonzept

### 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 Mineralfaserplatten (Ca-Si-Hydrate, WLG 045), 3 cm in Leibungen (U-Wert Wand ca. 0,30 bis 0,35 W/m<sup>2</sup>K je nach Bestand )

Erneuerung der Fenster durch eine „2+1“ Holz-Aluminiumkonstruktion U-Wert Fenster 1,0 W/m<sup>2</sup>K mit integrierten Jalousielamellen zur Verschattung und Tageslichtlenkung, an Sonderformaten Einsatz einer thermisch getrennten Aluminiumkonstruktion.

#### **Dach**

Ersetzen der schadhaften Dachabdichtung durch ein rollnaht-geschweißtes Edelstahldach, Dämmung der Dachflächen mit 20-26 cm Mineralfaser, U-Wert Dach ca. 0,15 bis 0,18 W/m<sup>2</sup>K. Ebenso an

#### **Decken**

in Dämmstoffdicken von 10 bis 12 cm soweit gestalterisch vertretbar.

#### **Wärmebrücken**

Wärmebrücken werden minimiert soweit konstruktiv möglich, ergänzend werden 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 Raumlufthygiene, Temperierung erfolgt durch Wand- und Deckenflächen anstelle von kühler Zuluft), Beitrag zur Kühlung durch Nachtlüftung (mechanisch).

### **Strom - eigengenutzt**

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 von Innen

### **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

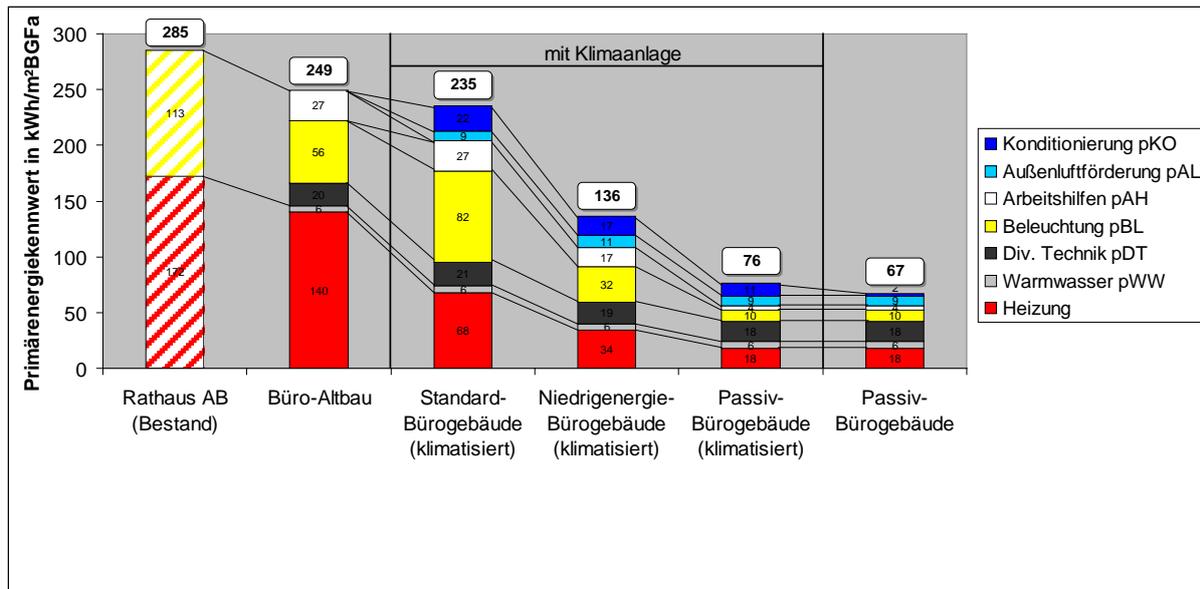


Abb. 22: Primärenergiekennwerte von Beispielgebäuden bei unterschiedlichen energetischen Ausführungsqualitäten  
[Quelle: IWU]

### 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 Einsparung 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/m<sup>2</sup> 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.

## **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 Mineralfaserplatten von 10 cm 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. Diese 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 Potenzial 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 Kühlung 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 Kältspeicher würde minimal mit 8 °C Kälte beladen werden können. Der Rücklauf aus Wand- und Deckenkühlung betragen ca. 20-22 °C. Dadurch könnte nur eine Temperaturdifferenz von 12-14 °C genutzt werden, was entweder ein sehr großes Speichervolumen bedeutet oder bei eingeschränktem Platz nur eine geringe Speicherkapazität

In Ergänzung zu einem Kältspeicher wird ein Eisspeicher eingesetzt, dessen Konstruktion den Phasenwechsel zwischen flüssigem und festem Zustand des Wassers berücksichtigt und die damit verbundene hohe Speicherkapazität nutzt. Daher 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. Kältspeicher können Kühlspitzen 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 werden, 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 m<sup>3</sup>/h Luftvolumen (für den Energietransport mittels Luft) eine Lüftungsanlage mit ca. 25.000 m<sup>3</sup>/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, Umlufffunktion, 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 CO<sub>2</sub>-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 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 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)

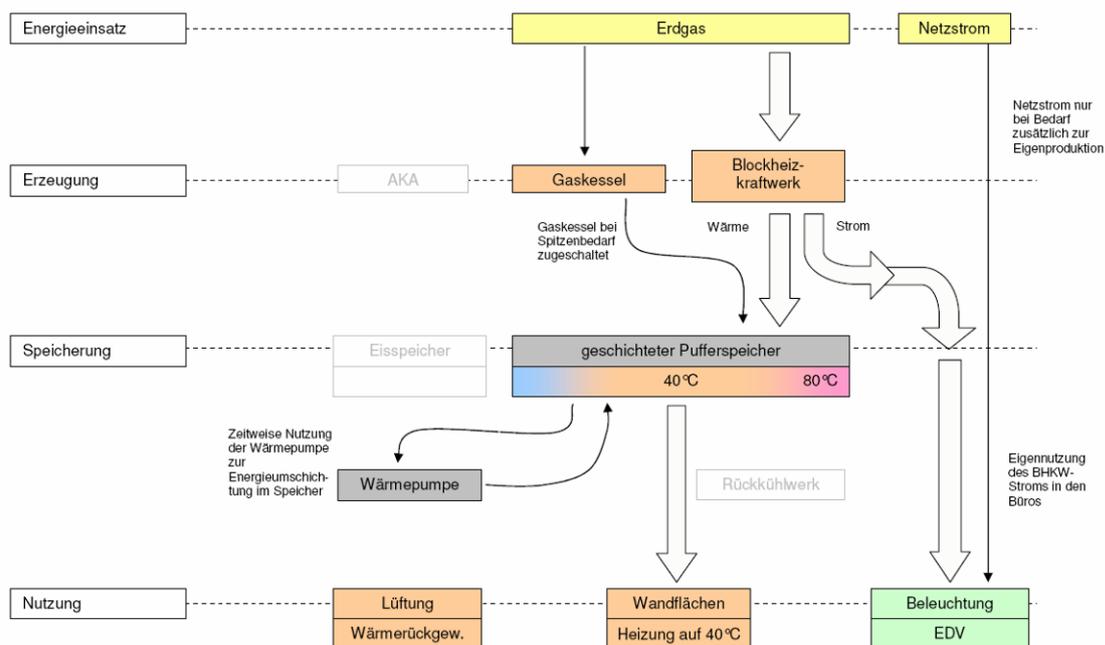


Abb. 23: Betrieb im Winter

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.

## Funktionsschema Sommerfall (Kühlen)

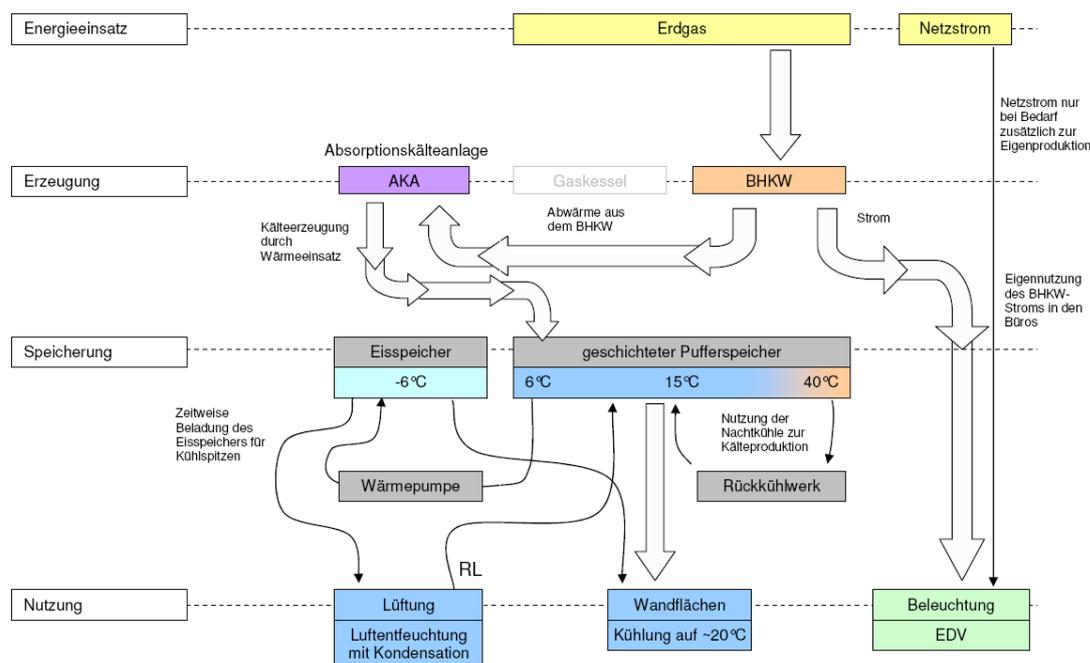


Abb. 24: Betrieb im Sommer

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 wärmegeprägtes 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 Raumbeleuchtung 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 Temperaturen werden durch die Abwärme des BHKW's gedeckt. Um diese im Niedertemperaturbereich sinnvoll nutzen zu können, ist eine Flächenheizung notwendig. Dies sollte auch bei der Auswahl des Heizsystems sinnvollerweise 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 Außenjalousie 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 Außenerscheinung 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. Anstelle einer großen Heizungsanlage, die meistens aus mehreren Kesseln besteht, sind im Rathaus Aschaffenburg ein Kessel und ein BHKW vorgesehen.

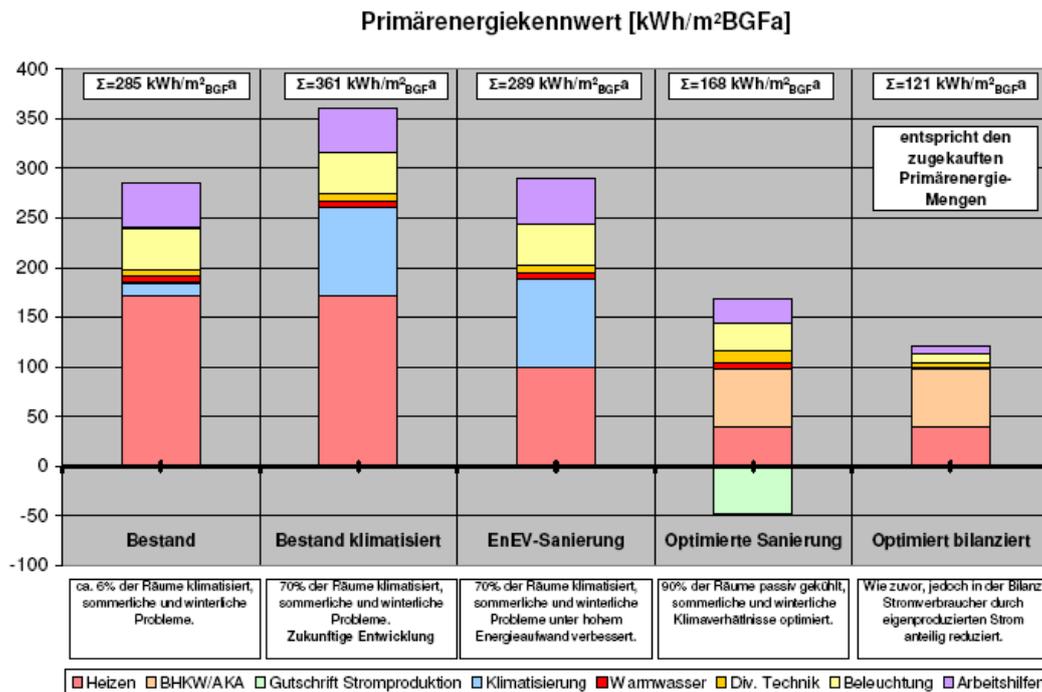


Abb. 25: Primärenergiekennwerte

**Fazit:** Bei einem denkmalgeschützten Verwaltungsgebäude ist durchaus eine Reduzierung des Primärenergiebedarfs um ca. 60% und mehr möglich, bei gleichzeitiger Lösung des sommerlichen Überhitzungsproblems durch passive Kühlung. Durch Denkmalschutzauflagen ist eine Nutzung von solaren oder Umweltenergien eingeschränkt möglich.

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

### **Fotovoltaik**

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

### **Passivhausstandard - Welchen Standard erreicht das entwickelte Konzept?**

Das Rathaus ist in einer Bauweise errichtet, bei deren Sanierung es viele Zwänge zu berücksichtigen gilt. Durch das Sanierungskonzept werden die baulichen Möglichkeiten am Gebäude ausgeschöpft, um einen wesentlichen Beitrag zur Verringerung des Energieverbrauches zu leisten. Es müssen darüber hinaus jedoch besondere Maßnahmen ergriffen werden, um nicht umsetzbare Dämmstärken durch Effizienzsteigerungen in der Technik und Einbindung von Umweltenergie bzw. Prozesswärme auszugleichen. Der Passivhausstandard eines Verwaltungsgebäudes ist noch nicht in vollem Umfang definiert. Von den bekannten Passivhaus-Kriterien wird der Primärenergiebedarf als maßgeblich gesehen. Beim Rathaus wird daher der Primärenergiekennwert von 120 kWh/m<sup>2</sup>a eingehalten.

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

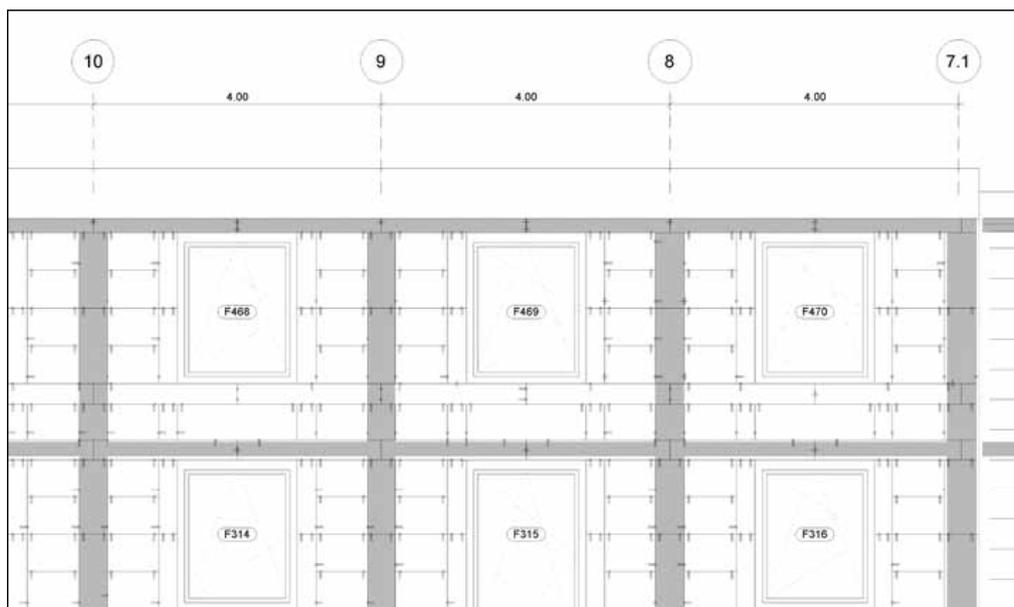


Abb. 26: Sandsteinfassade, Plattengliederung mit Befestigungsmitteln und Stahlbetontragwerk (grau)

## **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 Versetstechnik kannte. Des Weiteren wurden die damaligen Steinlieferanten und Fassadenbauer eingebunden und Informationen bei Ankerherstellern eingeholt. Diese Überprüfung ergab, dass die Steinfassade 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 Einsparpotenzial 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 zufrieden stellend 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 bestimmt den Erhalt der Sandsteinkonstruktion, sondern auch Bauphysik, Raumkomfort, Wirtschaftlichkeit und Umweltbelastung.**



Abb. 27: 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 unterschiedlichen 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 den 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.

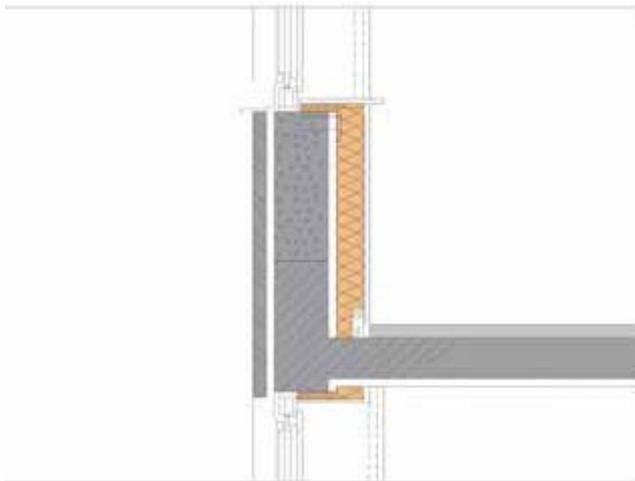


Abb. 28: Schemaschnitt Innendämmung

## Wärmebrückensimulation zur Bewertung von unterschiedlichen Wandkonstruktionen

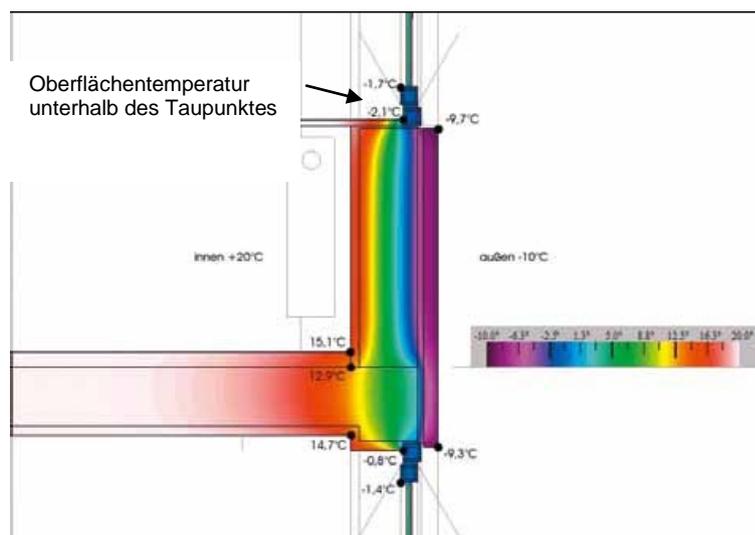


Abb. 29 :Oberflächentemperaturen an Wandflächen ohne innenseitige Wärmedämmung

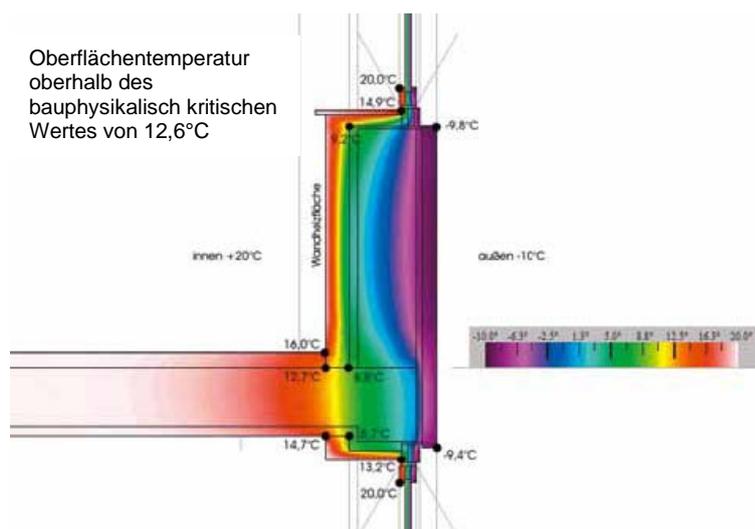


Abb. 30: Oberflächentemperaturen an Wandflächen mit 10cm Innendämmung, Temperierungsleitung an Stahlbetonüberzug

### 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 Feuchteeinlagerung entsteht. An den kritischen Punkten der einbindenden Stahlbetondecken kann die gewählte 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 Raumlufthtemperatur. 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.

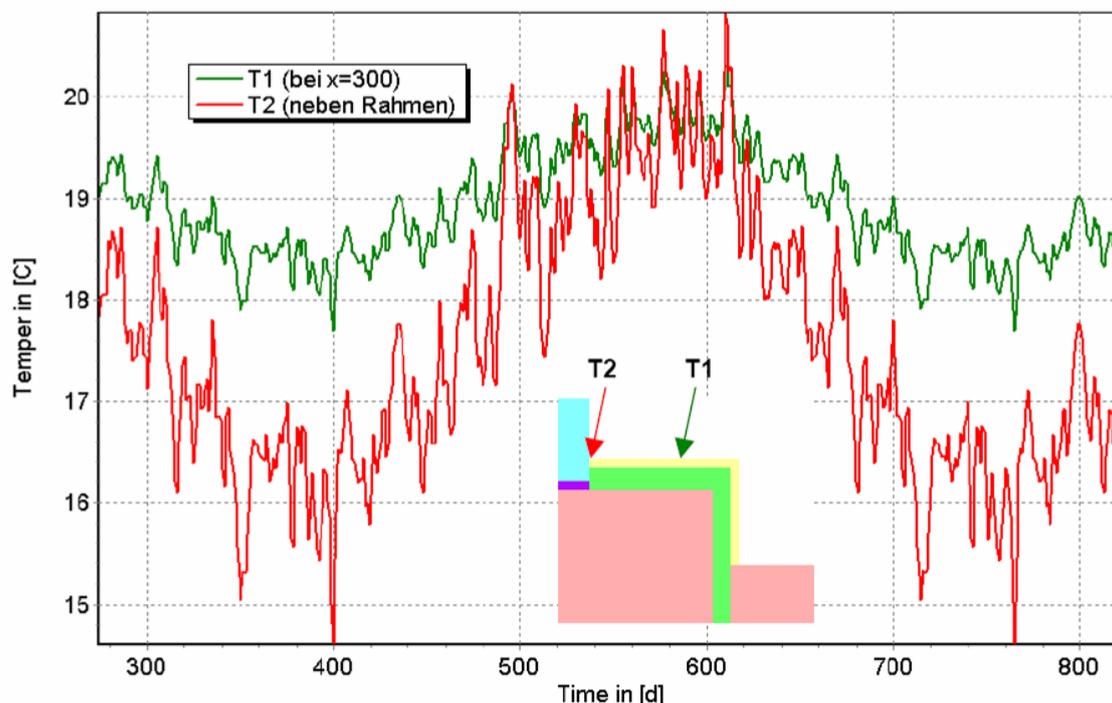


Abb. 31: Zeitlicher Temperaturverlauf an der Innendämmung

Legende der Bauteile:

Beton: **rosa**

Innendämmung: **hellgrün**

Fensterrahmen: **blau**

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 10 cm dicken mineralischen Dämmstein (WLG 0,045 W/mK) innenseitig gedämmt. Die Platten sind kleinteilig (60 cm x 39 cm) und lassen sich einfach von Hand verarbeiten. Die Dämmsteine wurden auf ebenem, tragfähigem Untergrund (bestehender 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 eingeputzt. 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 beigemischter 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 (< 20 cm) möglich war. Zwischenzeitlich sind im gleichen System auch speziell angefertigte Leibungsplatten (WLG 050) verfügbar, bei einer Dicke von 2 cm.



Abb. 32:Temperierungsleitungen vor dem Einputzen

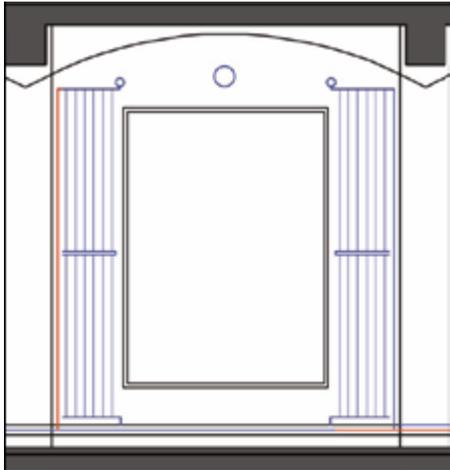


Abb. 33: Schemaschnitt Kapillarrohrleitung 36 mm Abstand 25 m Abwicklungslänge pro m<sup>2</sup>

### **Fensterkonstruktion - Probleme im Bestand**

Die bei einer Größe von 1,60 m 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 Außenjalousien nachgerüstet und auf die Fensterflügel aufgesetzt. Diese Maßnahme hat die Außenerscheinung stark verändert, konnte jedoch das Problem der starken Sonneneinstrahlung nicht zufrieden stellend verringern: Die Außenjalousien 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 Außenerscheinung, 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).

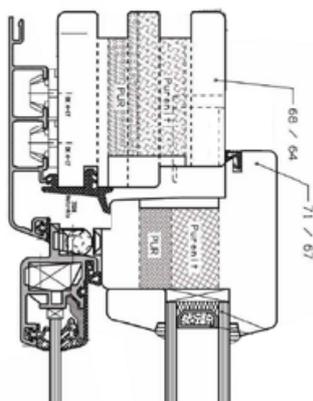


Abb. 34: Schemaschnitt Fensterkonstruktion mit Einbausituation Massivbau

### „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 Fenster wird gegenüber dem Bestand von 2,9 auf 0,95 W/m<sup>2</sup>K 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 Doppelisoliertglasscheibe 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 = 20 mm). 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.



Abb. 35: Abstimmung von Konstruktion und Denkmal:

Die entwickelten Fensterkonstruktionen wurden mit dem Landesamt für Denkmalpflege abgestimmt. Nach Klärung der Detaillösungen wurden zwei Musterfenster unterschiedliche 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“-Verbundfensters 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. Aufgrund der höheren Verschattungswirkung wurden profilierte Lamellen aus hochreinem Aluminium für die individuellen Bedingungen am Rathaus 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 Jalousien heruntergefahren. Je nach Jahreszeit wird in unterschiedlichem Maße ein Teil 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 ( $f_c$ -Wert  $< 0,18$  bei horizontaler Lamellenstellung und Lichttransmission  $> 22\%$  für diffuse Strahlung).

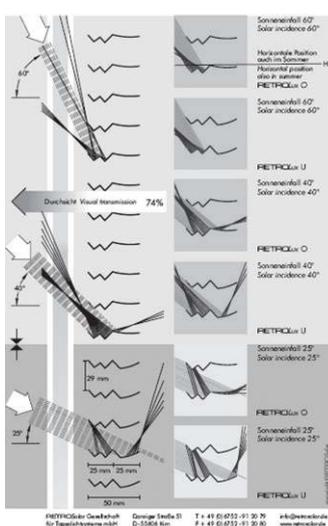


Abb. 36: Systemskizze Jalousie zur Verschattung und Lichtlenkung



Abb. 37: 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 Raumbeleuchtung benötigt wird, das Strom verbraucht und Wärme einträgt.

### **Energieeffiziente Beleuchtung**

Das Jalousiesystem wird durch eine energieeffiziente, arbeitsplatzorientierte Raumbeleuchtung ergänzt:

In den Büroräumen werden Leuchten mit einer hohen Lichtausbeute ausgestattet (Leuchtenwirkungsgrad von über 86 %). Diese Leuchten werden in Ergänzung zum vorhandenen Tageslicht elektronisch gedimmt, so dass nur so viel 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/m<sup>2</sup>. Dadurch wirken zugleich geringere Wärmelasten auf die Büroräume ein, die unter Umständen wiederum durch Energieeinsatz gekühlt werden müssten. Zukünftig wird je Raum eine 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“).



Abb. 38: Pendelleuchte mit Direkt-/Indirektanteil

## 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 CO<sub>2</sub>-haltige Abluft abgesaugt. 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 m<sup>3</sup> je Arbeitsplatz findet ein langsamer, gleichmäßiger Luftwechsel statt. (Für den Luftwechselansatz von 35 m<sup>3</sup> je Arbeitsplatz wurden 25 m<sup>3</sup> 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. 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.



Abb.39: Zuluftauslass im Rundrohr

### **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 Verteilleitungen problemloser 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

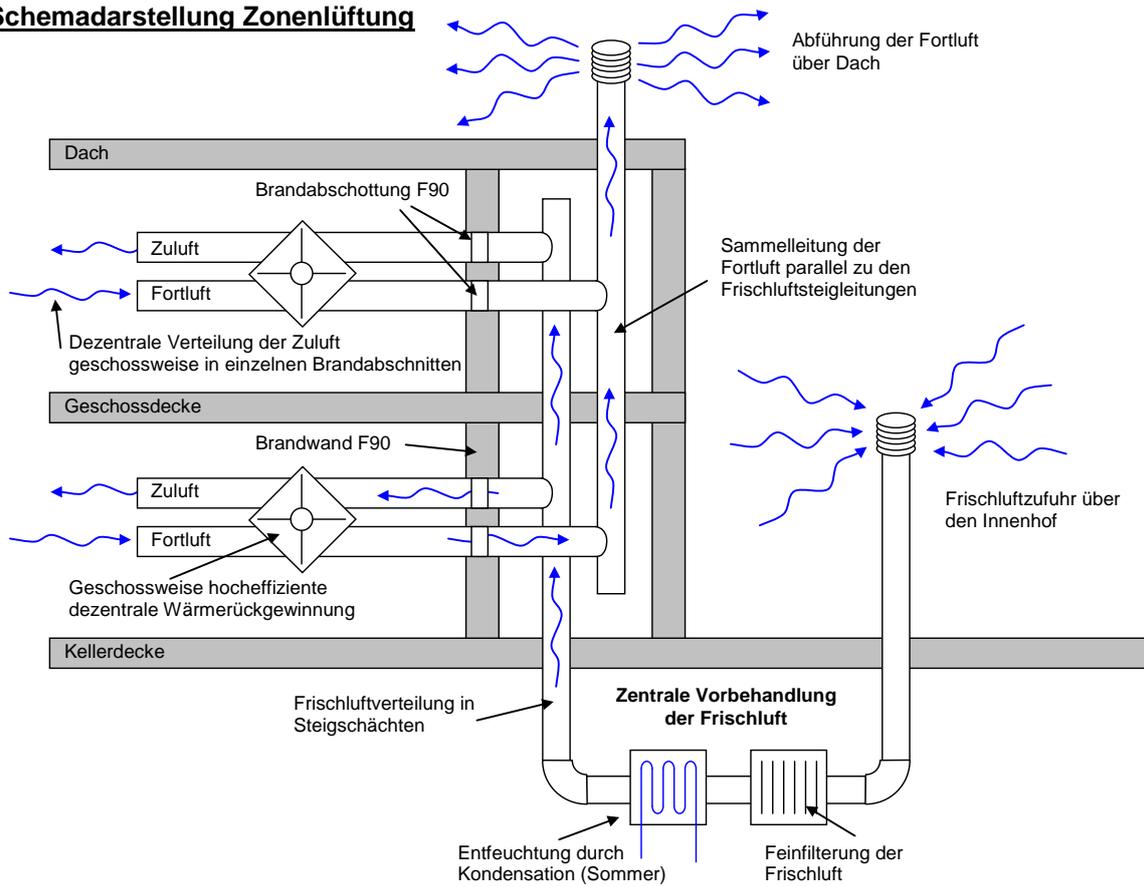


Abb. 40: Schemadarstellung Zonenlüftung

## 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 zunehmend eine wichtige Bedeutung zu.

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



Abb. 41: Repräsentativer Fassadenausschnitt im Bereich eines Standardbüros

Der U-Wert der Fenster wird durch die Sanierung von 3,6 W/m<sup>2</sup>K auf -0,9 W/m<sup>2</sup>K verbessert. Das bedeutet der Wärmeverlust in Fensterbereich wird um 75% verringert!

Fläche	Beschreibung	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Bestand		Saniert		Flächenanteil [%]	Verlustanteil saniert [%]	Reduktion [%]
			U-Wert Bestand [W/m <sup>2</sup> K]	spezifischer Verlust [W/K]	U-Wert neu [W/m <sup>2</sup> K]	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 Geschosswand - Sturz	0,900	2,076	1,858	2,076	1,858	7,1	18,3	0,0
A4	Fläche Mittelstütze	0,814	0,430	0,350	0,280	0,228	6,4	2,2	34,0
A5	Fläche Betonstütze	1,024	1,610	1,640	0,647	0,653	8,1	6,5	59,8
A6	Stirnfläche Untertrog	0,240	1,670	0,401	1,670	0,401	1,9	3,0	0,0
Summe		12,639 m <sup>2</sup>		31,590		10,192	100,0	100,0	
Fläche 4,0 x 3,16 m									
mittlerer U-Wert (ohne solare Gewinne, ohne Wärmebrücken)				2,600 W/m <sup>2</sup> K		0,806 W/m <sup>2</sup> K			67,8
mittlerer U-Wert Fassadenfläche ohne Fenster				6,288		3,013			% Reduktion
5,667 m <sup>2</sup>				1,100 W/m <sup>2</sup> K		0,650 W/m <sup>2</sup> K			

Linienförmige WB	Beschreibung	Länge [m]	Bestand		Saniert		Längenanteil [%]	Verlustanteil saniert [%]	Reduktion [%]
			ψ [W/mK]	spezifischer Wärmedurchgangskoeffizient	ψ [W/mK]	spezifischer Wärmedurchgangskoeffizient			
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	-0,052	0,013	0,011	6,1	0,3	-116,0
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	0,038	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	0,5	98,1
L6	Wand an Geschosswand	3,32	0,348	1,155	0,076	0,252	25,1	8,1	78,2
L7	Fenster an Untertrog	0,40	1,026	0,410	0,785	0,314	3,0	10,1	23,5
L8	Mittelstütze an Geschosswand	0,28	0,313	0,068	0,241	0,067	2,1	2,2	23,0
L9	Betonstütze an Untertrog	0,40	1,138	0,455	0,600	0,240	3,0	7,7	47,3
Summe		13,24 m		6,052		3,106	100,0	100,0	
Anteil der Wärmebrücken am Gesamtverlust				16,1 %		23,4 %			
mittlerer ψ [W/mK]				0,458 W/mK		0,236 W/mK			48,8
mittlerer U-Wert pro m <sup>2</sup> inkl. Wärmebrücken				2,08 W/m <sup>2</sup> K		1,06 W/m <sup>2</sup> K			64,7
Gesamtverlust				37,655 W/K		13,204 W/K			Gesamtreduktion [%]
Verlust bei Normklima (ΔT = 30K) durch die Fassade				1130 W		360 W			

Der mittlere U-Wert kann um ca. 55% verringert werden. Der Anteil der Wärmebrücken steigt auf 24%.

Abb. 42: Auswertung der spezifischen Wärmeverluste anhand von Wärmebrücken

## 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 Klimaschutzziele. 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 erheblicher Zwänge aus baulichem Bestand, innerstädtischer Lage und schützenswerter Gestaltung kann durch Einbindung von regenerativen Komponenten, wie Wärmerückgewinnung, Nutzung von Umgebungswärme/-kälte und Kraft-Wärme-Kopplung (durch Betrieb eines BHKWs zur Eigenverwendung), der momentane Primärenergiebedarf für alle Energieaufwendungen von ca. 285 kWh/m<sup>2</sup>a BGF auf ca. 120 kWh/m<sup>2</sup>a BGF reduziert werden (bei 8.760 m<sup>2</sup> BGF). Ohne Büroarbeitsmittel ergibt sich ein Anteil von unter 100 kWh/m<sup>2</sup>a für den Gebäudebetrieb.

Dieses Ziel erfüllt den Grenzwert des Passivhauses von 120 kWh/m<sup>2</sup>a Primärenergie für Verwaltungsgebäude. Der momentane Verbrauchswert bei mehr als 285 kWh/m<sup>2</sup>a enthält noch keine umfassende Raumkühlung. Würden aufgrund zunehmender Sommertemperaturen in den Büroräumen weitere Klimageräte nachgerüstet, wäre ein Primärenergiebedarf von über 360 kWh/m<sup>2</sup>a zu erwarten.

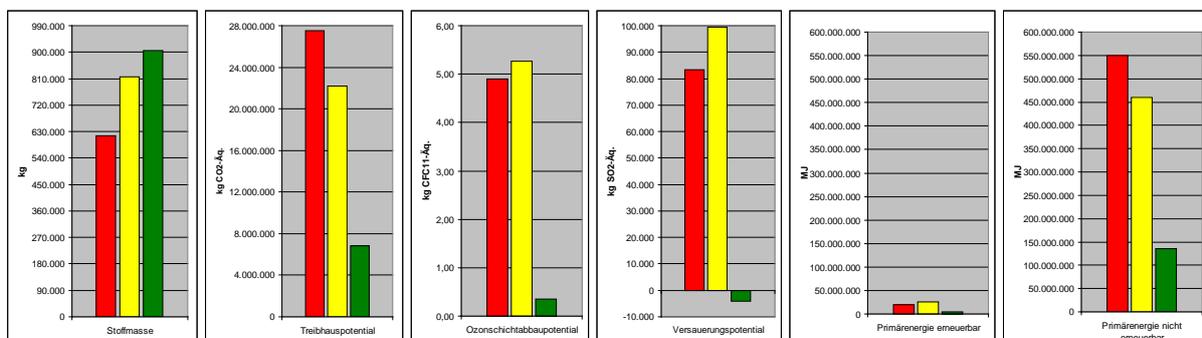


Abb. 43: Ökologiekennwerte der verschiedenen Varianten

## **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 hatte 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-Heizkessel in Kombination mit elektrischer Kältemaschine ohne Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung und Einbindung regenerativer Komponenten) zugrunde, 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 Lebenszykluskosten 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.

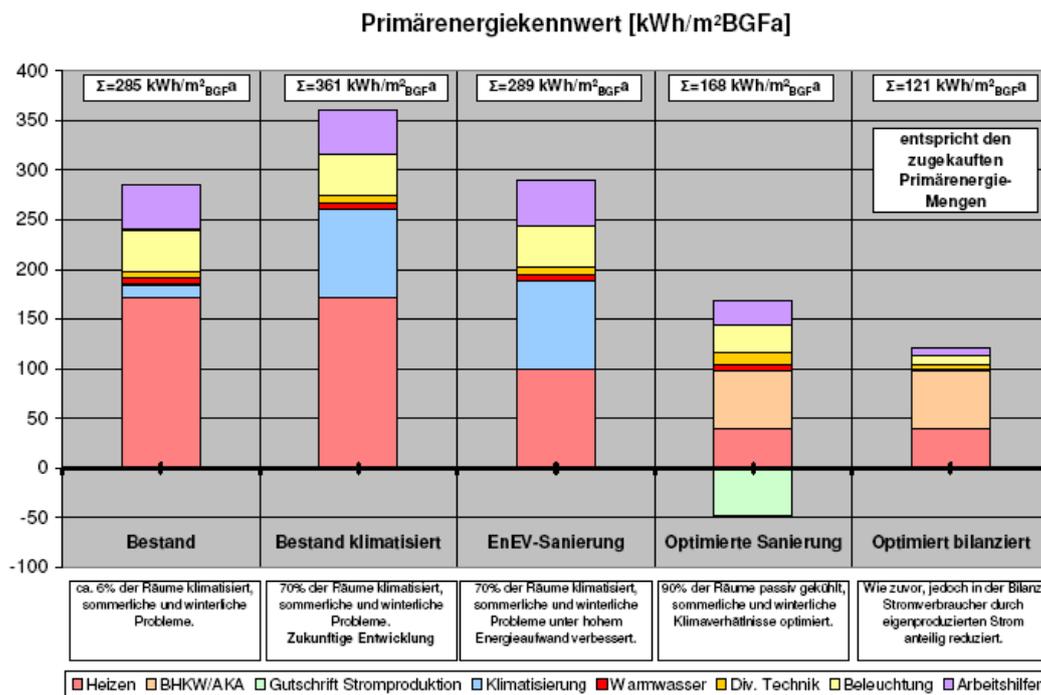


Abb. 44: Primärenergiekennwerte (kWh/m<sup>2</sup>BGFa)

Mit einem Primärenergieaufwand von 120 kWh/m<sub>a</sub> verbraucht das Rathaus mit dem vorgesehenen Energiekonzept nur 1/3 im Verhältnis zu einer möglichen erforderlichen konventionellen Klimatisierung mit ansonsten 360 kWh/m<sub>a</sub>. Somit werden die Nachhaltigkeitsziele der Stadt Aschaffenburg gesichert: Klimaschutz, Reduktion der Betriebskosten u.ä.

## Lebenszykluskosten

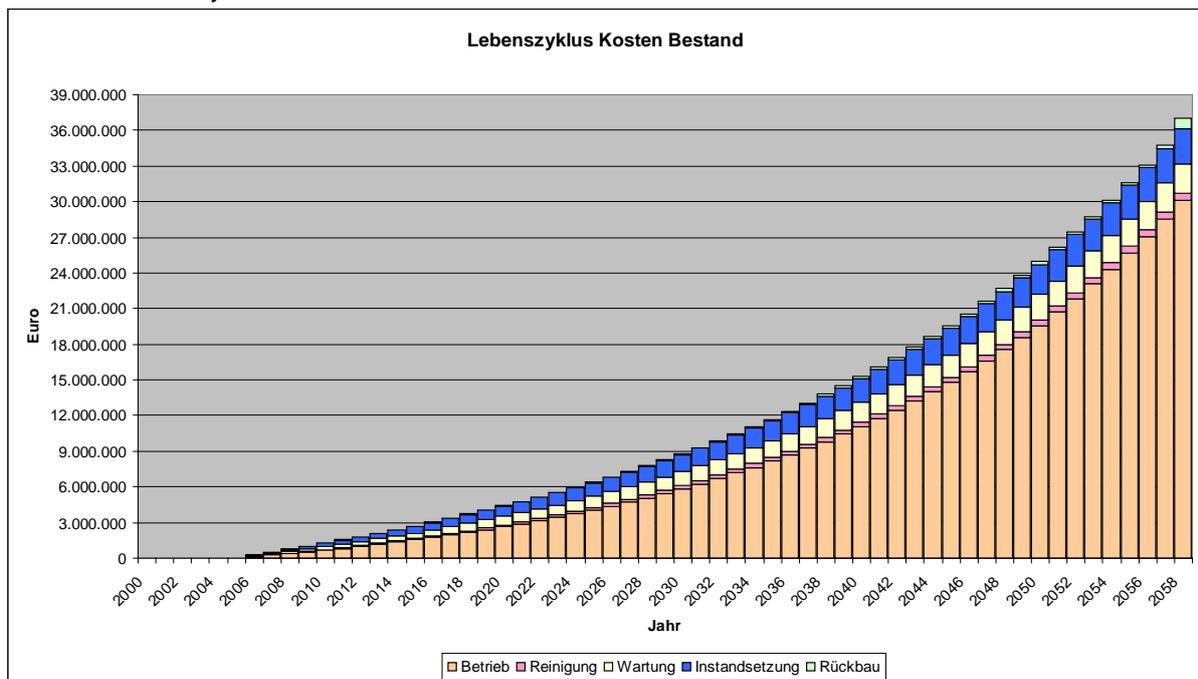
Auf Grund dieser Überlegungen ist es in Hinblick auf zukünftige, finanzielle Belastungen der Stadt Aschaffenburg sinnvoll, eine optimierte Gesamtsanierung anzugehen. Zur Ermittlung der aufgelaufenen Gesamtkosten wurde die Barwertmethode eingesetzt. Dabei wurden die Gesamtkosten der unterschiedlichen Lebenszyklen eines Gebäudes

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

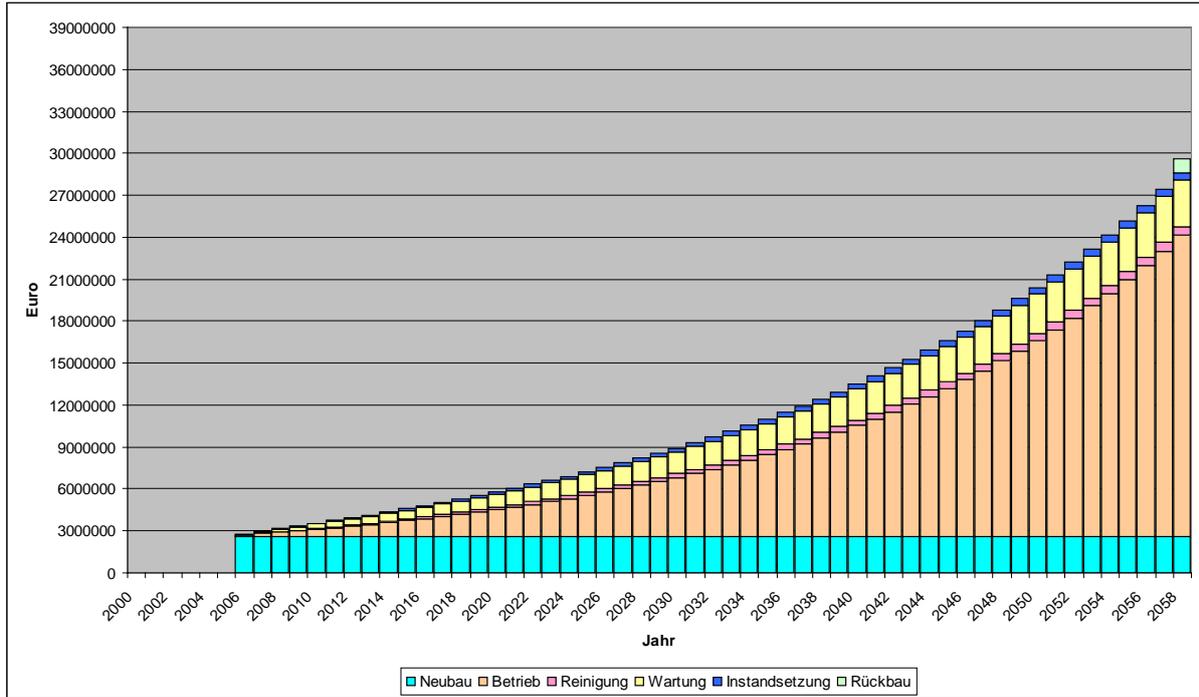
über einen Zeitraum von 50 Jahren ermittelt und in Ansatz gebracht.

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

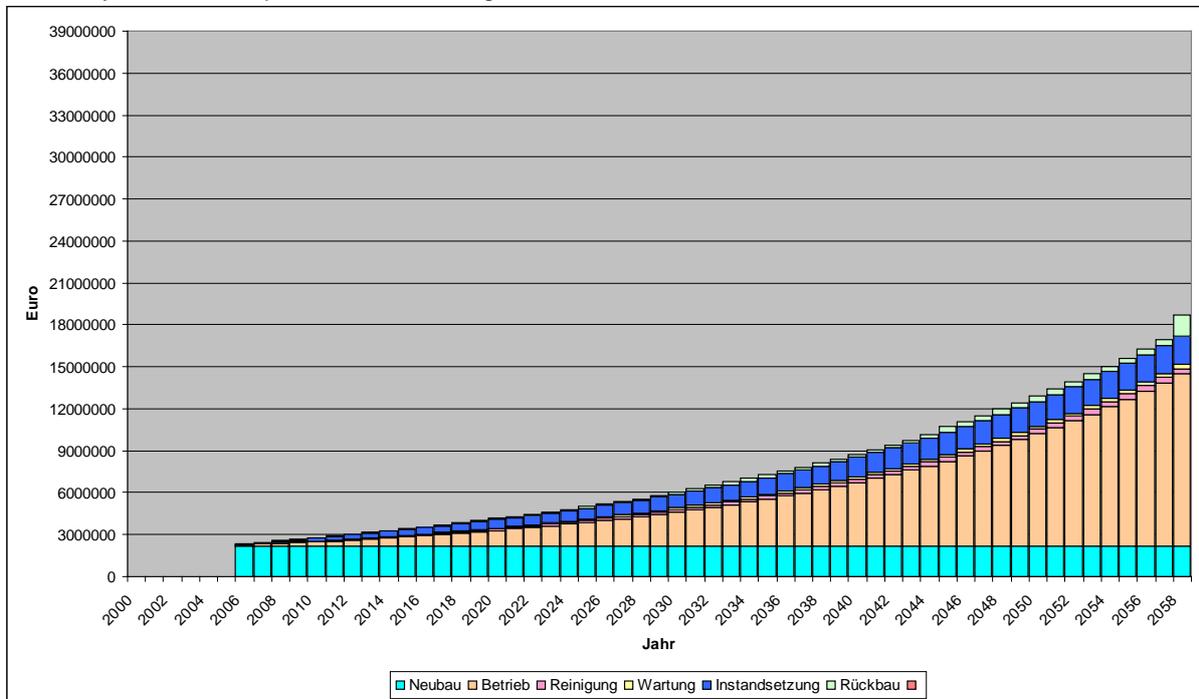
Abb. 45: Lebenszykluskosten Bestand



### Lebenszykluskosten ENEV-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 so genannte 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.

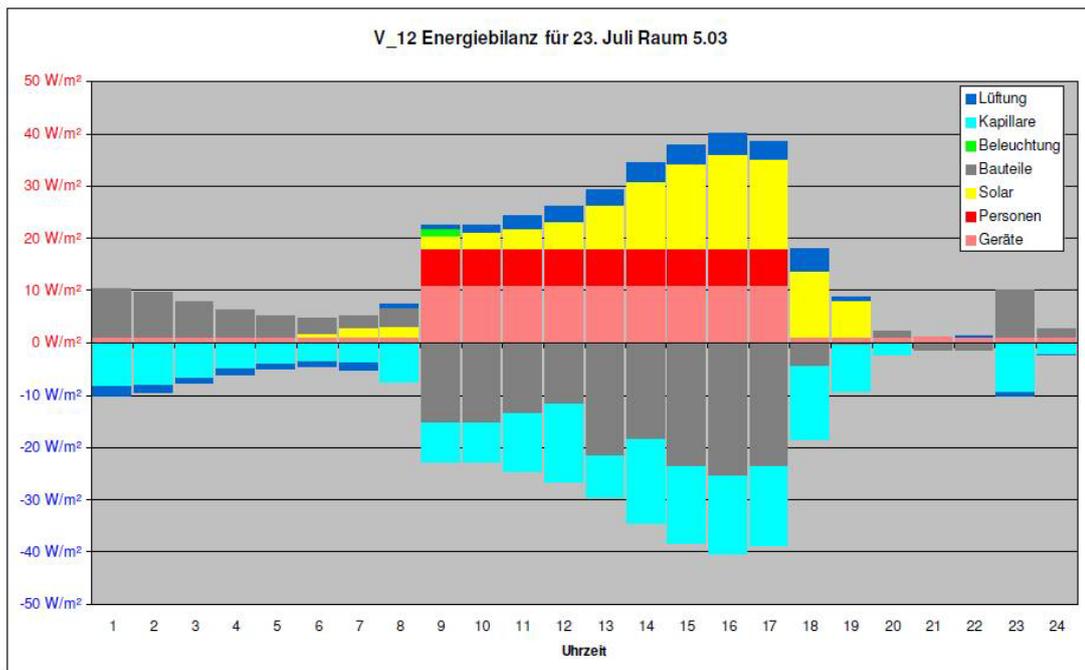


Abb. 46: Energiebilanz für den 23. Juli, Süd-West-Raum 5. Stock  
Thermische Auswirkungen innerer und äußerer Einflussfaktoren auf die Bürofläche

### Simulierte Innenraumtemperaturen nach der Sanierung

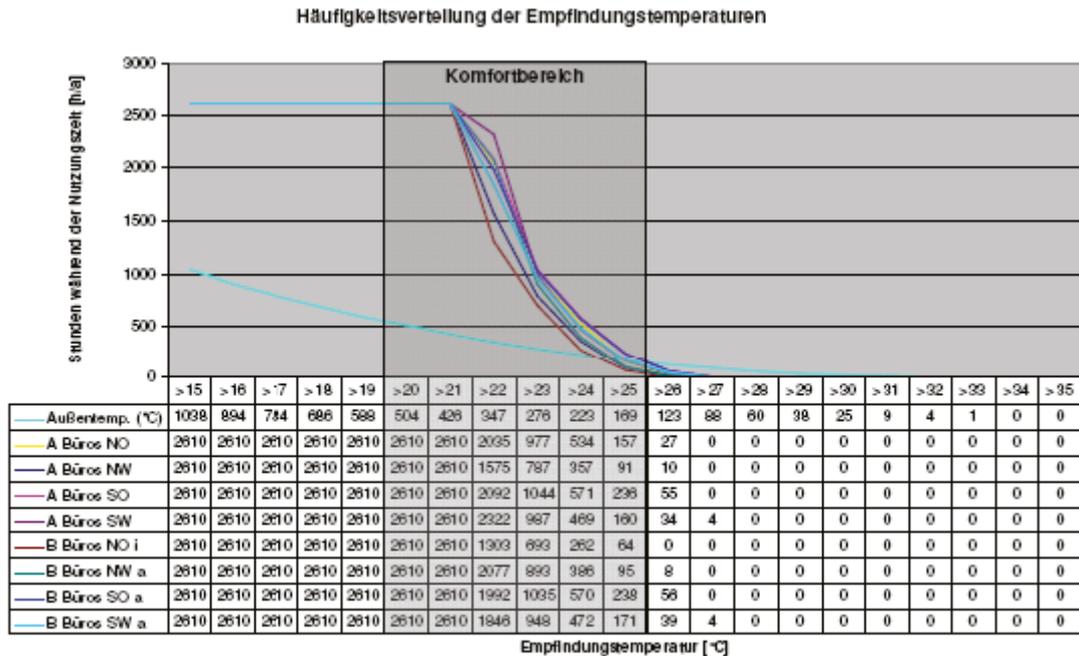


Abb. 47: Raumkomfort verschiedener Räume im Jahresverlauf

## Verbesserter Raumkomfort bei Spitzenbelastung von außen

Stärkere Entkopplung der Empfindungstemperatur im Innenraum von äußeren Einflüssen 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 (siehe Tagesverlauf der Empfindungstemperatur). Jede einzelne Außenwand erhält nach Himmelsrichtung eine gesonderte, ausgleichende Heizkurve.

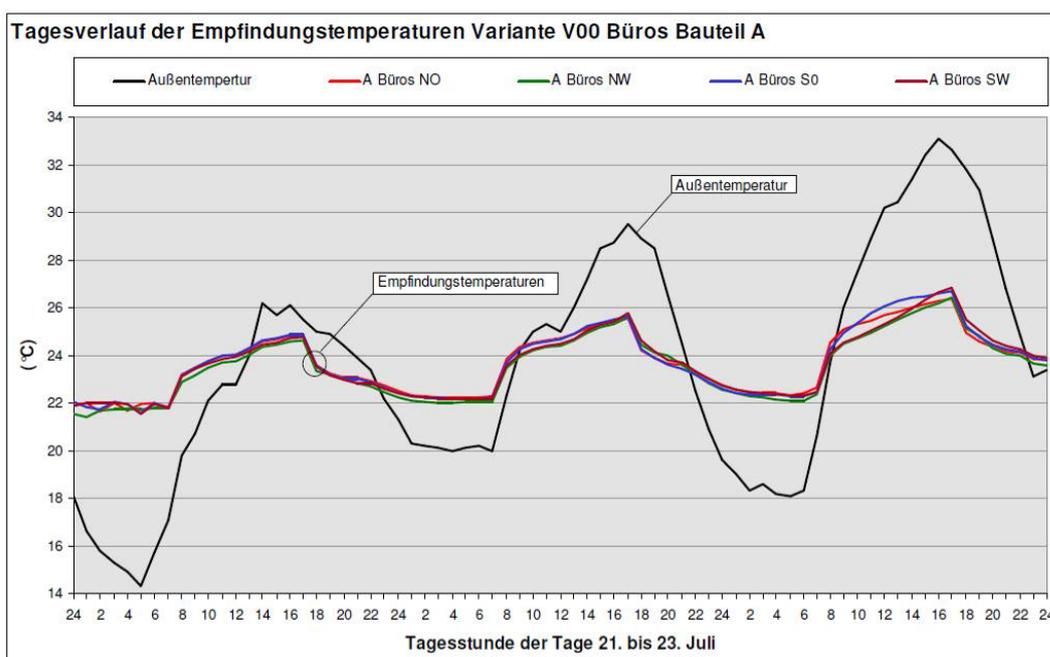


Abb. 48: Simulierte Innenraumtemperaturen nach der Sanierung

## 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 m<sup>2</sup> 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 m<sup>3</sup>. 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.

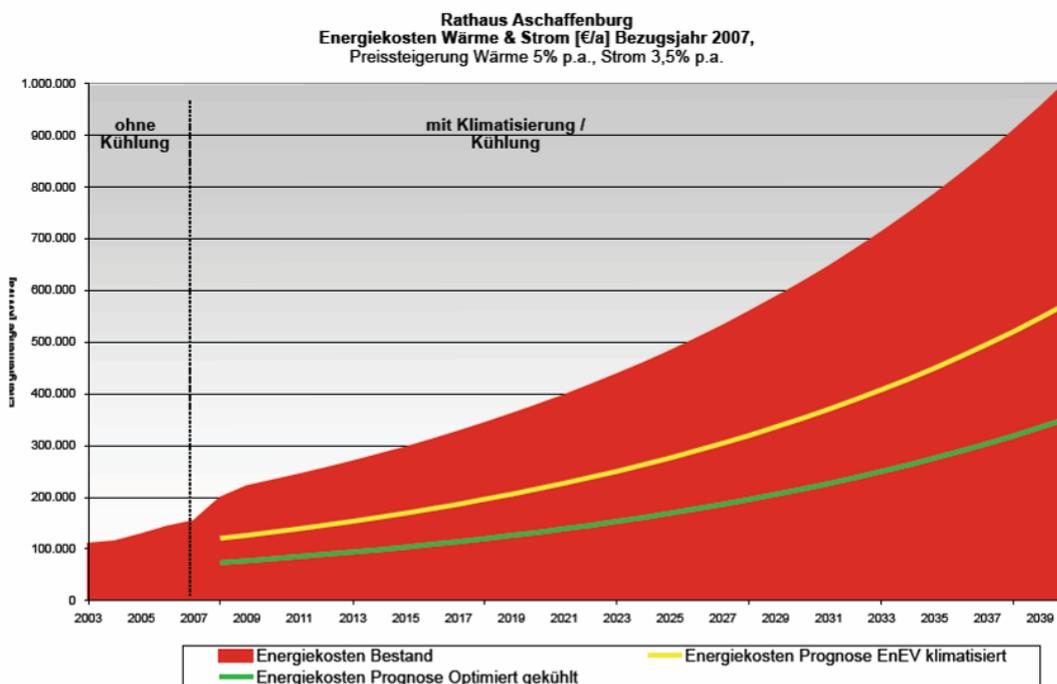


Abb. 49: Entwicklung der Energiekosten über 30 Jahre

## 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, erschwerter Zugänglichkeit u. ä. ergeben, können minimiert, jedoch nie ganz ausgeschlossen werden und erfordern Kompromisse 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.

#### Gesamtsanierung kontra schrittweise Sanierung

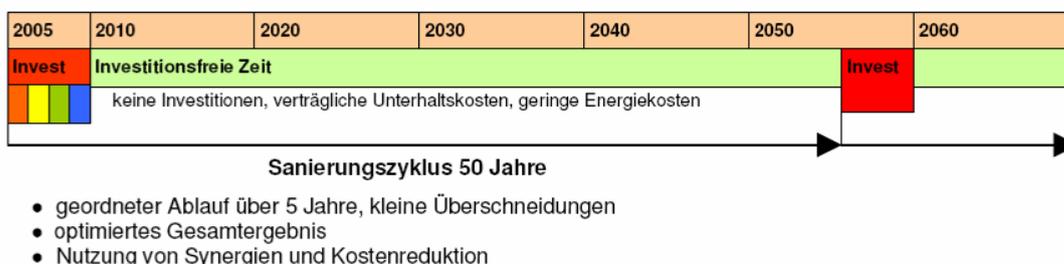


Abb. 50: Gesamtsanierung nach ganzheitlichem Ansatz

## 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 unwäglich. Zuschüsse können dabei häufig nicht genutzt werden, eine ständige Bautätigkeit belastet das Arbeitsumfeld. Es droht eine „ewige Baustelle“. Hinzukommen 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).

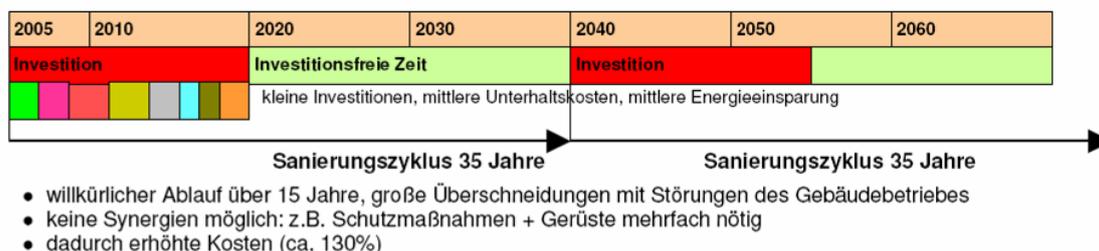


Abb. 51: Schrittweise Bedarfssanierung

## D Fazit

### Bewertung der Ergebnisse anhand der gestellten Ziele

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

### 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 CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-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/m<sup>2</sup>\*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 Einsparpotenzial von ca. 10 %. Ein zusätzliches Einsparpotenzial 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 wird 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. Sommerliche Raumtemperaturen werden bis auf wenige Überschreitungen richtliniengerecht auf 26° C begrenzt. Die Brandschutzqualitäten werden wesentlich verbessert.

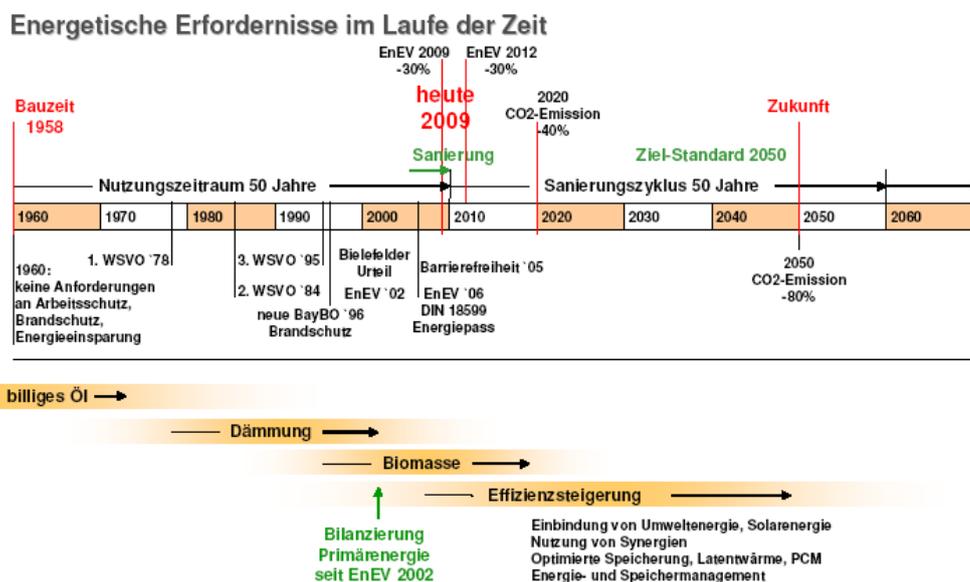


Abb. 52: Rechtliche Anforderungen im Laufe der Zeit und bereits bekannte Klimaschutzziele -20 %CO<sub>2</sub>, gemäß EU-Richtlinie vom 20.04.2007

### 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 CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in der BRD bis 2050 um 80 %, erfüllt wird. Das heißt, die vorausschauende Zielsetzung der Stadt Aschaffenburg aus dem Jahr 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 Beleuchtungsbedarfs 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 gefördert 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 Fachingenieure gelten als der „technische Ausstatter“ der Entwurfsidee. Sie werden häufig erst nach Erstellung eines architektonischen Konzeptes durch den Bauherrn beauftragt und sollen die gestalterischen Vorgaben ermöglichen. Energetische 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 Zusammenspiels baulicher Möglichkeiten, energetische und ökologische Potenziale 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 Detailausführungsangabe 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 sparenden 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 Unterhaltshaushalte und stärkt den Investitionshaushalt, die vorrangig für zukunftsfähige Sanierungen verwendet werden sollten.

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