

Projektbericht Parkwohnanlage Nürnberg Bernadottestraße 42 - 48

Dr. Burkhard Schulze Darup

Augraben 96, 90475 Nürnberg

Tel. (+49) 911 / 8325262, Fax (+49) 911 / 8325263, schulze-darup@schulze-darup.de

1 Grundlagen

Das Mehrfamilienhaus Bernadottestraße 42 bis 48 liegt zwei Kilometer südwestlich der Nürnberger Innenstadt in privilegierter Lage in einem städtebaulich hochwertigen Quartier, das Anfang der sechziger Jahre errichtet wurde. Das Bestandsgebäude umfasst 24 Wohnungen, davon zwölf Dreizimmerwohnungen und jeweils sechs Zwei- und Vierzimmerwohnungen. Die Sanierung erfolgte im bewohnten Zustand, was auf Grund des nicht geringen Arbeitsaufwands ein engagiertes Vorhaben darstellte. Die gut geschnittenen Grundrisse wurden vollständig belassen. Wünschenswert wären vergrößerte Bäder gewesen. Der Kosten-Nutzen-Aufwand für derartige grundsätzliche Änderungen wäre jedoch sehr hoch gewesen und hätte eine vollständige Umorientierung der Grundrisse erfordert.



Abb. 1 Bernadottestraße 42 – 48 vor der Sanierung: 24 Wohnungen



Abb. 2 Nach der Sanierung mit sechs zusätzlichen Passivhaus-Wohnungen im DG

Der unausgebaute Dachboden sollte zunächst beibehalten werden, da eine rein energetische Sanierung geplant war. Auf Grund der hervorragenden städtebaulichen Lage wurde jedoch eine Nachverdichtung für das Gebiet diskutiert und schließlich eine Aufstockung im Bereich des Dachbodens beschlossen. Die Traufhöhe erhöhte sich dadurch geringfügig und der Pultdach-Anteil erfuhr eine Vergrößerung. Statt des gegenläufigen Dachs entstanden großzügige Dachterrassen auf der Südwestseite des Gebäudes. Für die sechs neuen Wohnungen mit 70 bis 110 m² Wohnfläche drängte sich als energetischer Standard die Passivhaustechnik auf, da die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung bereits für das Restgebäude konzipiert war und eine Holzkonstruktion im Dachgeschoss mit geringstem Mehraufwand um ein paar Zentimeter Dämmdicke ergänzt werden konnte. Die 24 Bestandswohnungen haben eine Wohnfläche von 1578 m², die sechs neu errichteten Wohnungen im Dachgeschoss umfassen 498 m².

2 Konstruktion

Die Konstruktion des Gebäudebestands entspricht den üblichen Standards Anfang der sechziger Jahre. Die Außenwände bestehen aus Hochlochziegeln, die Geschossdecken sind Stahlbetondecken. Das Gebäude ist voll unterkellert.

Als Techniken für die Sanierung wurden die Komponenten eingesetzt, die bereits bei den beiden Vorläuferprojekten der wbg-Nürnberg am Jean-Paul-Platz und in der Ingolstädter Straße angewandt wurden. Dabei ging es jedoch darum, die Kosten-Nutzen-Aspekte nochmals zu optimieren. Von der baulichen Seite her muss vor allem die wärmeübertragende Gebäudehülle möglichst gut gedämmt werden. Dazu kamen hochwertige Fenster mit Dreifach-Wärmeschutzverglasung. Hinsichtlich der Qualitätssicherung musste besonderes Augenmerk auf die Minimierung von Wärmebrücken und eine hohe Luft- und Winddichtheit gelegt werden. Die baulichen Komponenten werden in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1 Passivhaus-Komponenten für Sanierung und Aufstockung

	Standard EnEV-Neubau	Bernadottestr. EG / 1. OG / 2. OG	Bernadottestr. DG (Passivhaus)
Wand	Dämmung 10 cm	20-24 cm	30 cm
Dach	16 cm	Dachterrasse: 22 cm	44 cm
Kellerdecke	6 cm	12 – 24 cm	
Fenster	$U_w=1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U_w = 0,92 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	$U_w = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
Lüftung	Fensterlüftung	Zu- / Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung	
Gebäudetechnik		Fernwärme	Fernwärme

2.1 Wand

Das Hochlochziegel-Mauerwerk des Bestands ist 30 cm dick und weist im unsanierten Zustand einen U-Wert von $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ auf. Bei der Sanierung erfolgte der Auftrag eines Wärmedämmverbundsystems mit 20 bis 24 cm Dämmdicke. Im Bereich der Loggien wurde z. T. für kleine Flächen eine geringere Dämmdicke von 12 cm gewählt, um den Flächenverlust zu begrenzen. Als Wärmedämmung wurde das Fabrikat Marmorit mit Neopor-PS-Dämmung WLG 035 gewählt. Der Oberputz erhielt eine Kratzputzstruktur mit 2 mm Körnung. Der U-Wert beträgt $0,16 - 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Die Wände der Aufstockung im Dachgeschoss entstanden in Holztafelbauweise mit einem U-Wert von $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Die Verkleidung erfolgte mit einer Vorhangfassade unter Verwendung einer Aluwelle.

2.2 Dach

Die Sparren spannen über die gesamte Tiefe des neu errichteten Dachgeschosses. Dadurch wird die Lastabtragung vereinfacht und eine extrem kostengünstige Konstruktion gewählt, bei der sich hoher statischer Querschnitt und hohe Konstruktionshöhe für eine Dämmschichtdicke von 44 cm synergetisch ergänzen. Die Sparren wurden aus Brettschichtholz 8/44cm ausgeführt und die Dämmung mit künstlichen Mineralfasern WLG 035. Daraus ergibt sich ein U-Wert von $0,09 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Die Dachterrasse liegt z. T. oberhalb der Wohnzimmer der darunter liegenden Wohnungen. Deshalb musste in diesen Bereichen Wärmedämmung eingebracht werden. Sie wurde möglichst schlank ausgeführt, um die Aufbauhöhe zu begrenzen.

Die Dämmdicke beträgt 20 cm WLG 035. Der U-Wert in diesem sehr begrenzten Bereich beträgt $0,18 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Der Dämmaufbau ist als Warmdach ausgeführt. Darüber befindet sich die Folienabdichtung, die als wasserführende Schicht gemäß Flachdachrichtlinie 15 cm unterhalb der Abdichtungskante der Terrassentüren liegt. Eine Entwässerungsrinne reduziert die Austritthöhe auf fünf Zentimeter. Innenseitig ist ein erhöhter Fußbodenaufbau gegeben auf Grund einer statisch erforderlichen Überdecke über der bisherigen 13 cm dicken Betondecke im ehemaligen Kaldachbereich. Durch diesen Aufbau ist der Terrassenaustritt nahezu höhengleich zur äußeren Terrasseneben.

2.3 Kellerdecke

Die Kellerdecke ist wie die Geschossdecken aus Stahlbeton mit 18 cm Dicke ausgeführt. Die Kellerhöhe vor der Sanierung wies im Gangbereich 2,28 m auf. Die Dämnhöhe im Flurbereich beträgt 24 cm, sodass die Versorgungsleitungen für Heizung und Warmwasser im warmen Bereich verlaufen können. Die Dämmung erfolgte mit Einblasdämmung. Die dafür erforderliche Konstruktion wurde mit Gipskarton ausgeführt. Der U-Wert beträgt $0,16 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

In den Kellerabteils verringert sich die Höhe um eine Stufe von 24 cm, sodass eine Raumhöhe von 2,04 m gegeben war. Deshalb konnte nur eine Dämnhöhe von 12 cm eingebaut werden mit PS-Dämmung WLG 035. Der U-Wert vorher betrug $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, nach der Sanierung $U = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

2.4 Fenster

Im Bestand waren Holzverbundfenster vorhanden mit Verschattungsjalousien in den Scheibenzwischenräumen. In den Bestandswohnungen im Erdgeschoss bis zweiten Obergeschoss wurden Kunststofffenster mit Fünf-Kammerprofil ($U_f = 1,1-1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) in Verbindung mit Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung ($U_g = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) montiert mit einem resultierenden $U_w = 0,9$ bis $0,95 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Im Erdgeschoss wurden Rollläden mit Elektroantrieb eingebaut. Die Montage der Kästen erfolgte mit 10 cm Einbauabstand zur Wand (Hinterdämmung mit Dämmung WLG 030 zur Wärmebrückenreduzierung). Die seitlichen Führungsschienen wurden mit 3 cm Abstand auf die Fensterrahmen geführt und die Zwischenräume zur Verbesserung der Wärmebrückensituation gedämmt. Die Wohnzimmerfenster im ersten und zweiten Obergeschoss erhielten aus Gründen des sommerlichen Wärmeschutzes Raffstores. Der Einbau erfolgte analog zur beschriebenen Rollladensituation ebenfalls wärmebrückenoptimiert und mit Elektroantrieb.

Im Dachgeschoss erfolgte der Einbau von passivhaus-zertifizierten Kunststofffenstern Fabrikat Rehau. Der Detailanschluss im Holzrahmen der DG-Wände erfolgte mit fünf Zentimeter Überdämmung der Fensterrahmen, um eine möglichst günstige Wärmebrückensituation zu erreichen. Auf der Südwestseite wurden Raffstores montiert, um die Aufheizung im Sommer zu reduzieren.

2.5 Wärmebrücken

Die Wärmebrücken wurden im Zuge der energetischen Berechnung einzeln erfasst und bilanziert. Im Dachgeschoss waren auf Grund der Passivbauweise durchweg negative Wärmebrückenverlustkoeffizienten zu verzeichnen. Bei den Detailanschlüssen im Kellerbereich mussten intensive Betrachtungen angestellt werden, um schadensfreie Konstruktionen zu erhalten, da die vorhandenen Anschlüsse hohe Wärmebrücken aufwiesen. Deshalb wurde auf der Südwestseite das Wärmedämmverbundsystem auf Frosttiefe ins Erdreich gezogen. Auf der

Nordostseite liegt die Kellerdecke etwa einen Meter über dem Gelände, sodass die Dämmung bis zum Erdreich ausreichend ist. Auf eine tiefer reichende Perimeterdämmung wurde aus Kostengründen verzichtet.

2.6 Luftdichtheit

Da das Gebäude im bewohnten Zustand saniert wurde und keine Sondermittel für wissenschaftliche Begleitung im Vorfeld vorhanden waren, war das Herangehen hinsichtlich der Luftdichtheit sehr schwierig. Es konnte keine Blower-Door-Messung vor Baubeginn durchgeführt werden. Deshalb mussten Maßnahmen in den Bestandswohnungen nach Augenschein eingeschätzt und ausgeschrieben werden. Im Dachgeschossbereich bestanden diese Probleme nur an den Anschlusspunkten. Innerhalb der Konstruktion konnte auf Grund der Neubausituation ein schlüssiges Dichtheitskonzept erstellt werden.

Die Blower-Door-Tests waren als Aufgabe des Generalunternehmers ausgeschrieben inklusive des Erreichens eines n_{50} -Wertes unter $0,6 \text{ h}^{-1}$. Von der Methodik her erfolgte zunächst die separate Messung einzelner Bestandswohnungen und der Dachgeschosswohnungen mit jeweiliger luftdichtheitstechnischer Optimierung. Dabei wurden sowohl die externen Leckagen als auch die Luftundichtheiten zu den angrenzenden Wohnungen ermittelt und reduziert.

Bei den Bestandswohnungen waren Leckagen vor allem gegeben im Bereich von Fensteranschlüssen, Elektroerohren und Elektrodosen und an den Wohnungseingangstüren. Der wesentliche Bereich lag allerdings im Bad, wo das alte Lüftungssystem mittels Schachtlüftung offenbar deutlich mehr Verbindungen zum Innenraum aufwies als die abgedichtete Lüftungsöffnung. Die neu verlegten Lüftungs- und Heizungssteigleitungen waren sehr gut abgedichtet. Probleme ergaben sich an einzelnen Stellen jedoch im Rohrnetz der Lüftungsanlage, wo einzelne Mängel zu Undichtheiten führten.

Bei den neu erstellten Dachgeschosswohnungen konnte die Abdichtung grundlegend neu aufgebaut werden. Dennoch war an den Schnittstellen zwischen unterschiedlichen Subunternehmern des Generalunternehmers erhöhte Sorgfalt gefragt und es waren zahlreiche Nachbesserungen erforderlich. Es wurden mehrere Blower-Door-Messungen mit zwischenzeitlichen Nacharbeiten durchgeführt, um pro Wohnung den gewünschten n_{50} -Wert $< 0,6 \text{ h}^{-1}$ unter Schutzdruck zu erreichen.

Der abschließende Nachweis für den n_{50} -Wert $< 0,6 \text{ h}^{-1}$ erfolgte jeweils für ein Haus pro Treppenaufgang und umfasste jeweils sieben bis acht Wohnungen.



Abb. 3 Blower-Door-Messung in einer Wohnung

2.7 Lüftungsanlage

Bei der Sanierung der Bernadottestraße wurde eine zentrale Zu- / Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung für jeweils zwei Häuser geplant. Die Projektierung erfolgte durch ebök / Tübingen. Die Lüftungszentralen befinden sich jeweils neben dem Treppenhauskopf innerhalb der thermischen Hülle bei Haus 44 und 46. Das Lüftungsgerät des Fabrikats Aerex ist jeweils ausgelegt auf ein Luftvolumen von 700 bis 1400 m³ pro Stunde für fünfzehn Wohnungen. Die zu belüftende Wohnfläche pro Gerät beträgt 980 m². Für die Grundlüftung wurde ein Luftwechsel zwischen 0,35 und 0,4 h⁻¹ angesetzt, für die erhöhte Lüftungsstufe zwischen 0,5 und 0,6 h⁻¹. Die Regelung erfolgt wohnungsweise über den Volumenstrom. Der Mieter hat einen Taster in seiner Wohnung, mit dem er zwischen Grundlüftung und erhöhter Lüftungsstufe wählen kann.

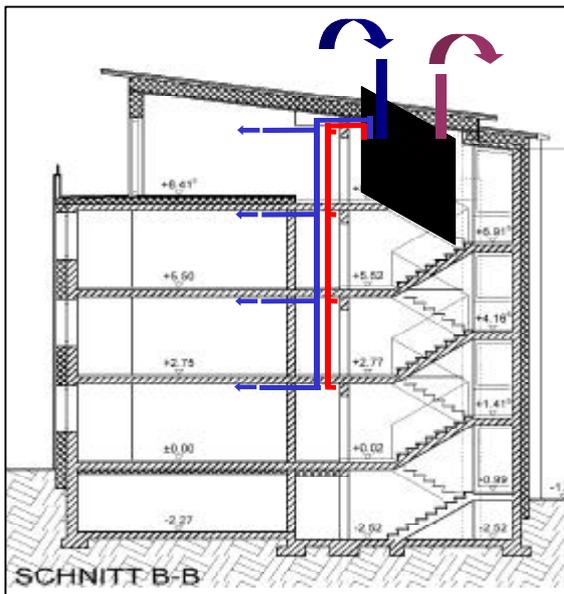


Abb. 4 Lüftungsschema im Schnitt:
Lüftungszentrale im DG



Abb. 5 Gebäudetechnik-Verteilungen unter
der Decke der Wohnungsflure

Die Lüftungsleitungen im zentralen Bereich sind möglich großzügig dimensioniert. Außenluft- und Fortluftleitungen führen über Dach mit möglichst kurzen Wegen im Dachbodenbereich und sind hochwertig wärmeisoliert. Es wurde versucht, die Anforderung von guter Lüftungstechnik nach großen Querschnitten mit dem Planerwunsch nach geringem Platzbedarf für den Lüftungsraum zu verbinden. Die Fläche des Lüftungsraums für 15 Wohnungen konnte auf unter 15 m² beschränkt werden. Der Frostschutz für den Wärmetauscher des Lüftungsgerätes erfolgt über ein Vorheizregister, das in der Außenluftzuführung vor dem Gerät montiert ist. Die Beheizung erfolgt über die zentrale Heizungsanlage des Gebäudes mit einem glykolbefüllten Sekundärkreislauf über einen kleinen Wärmetauscher.

Die Verteilungen führen horizontal unter der Dachgeschossdecke zu den Steigsträngen. Der Brandschutz wird in diesen Bereichen durch Brandschutzklappen an den jeweiligen Abschnitten sicher gestellt. Die vertikalen Leitungen verlaufen in L-90-Schächten an den mittleren Wohnungstrennwänden eines jeden Hauses. Für übereinander liegende Wohnungen wurde jeweils ein Strang aus Zu- und Abluft verlegt. Da es sich um einen Zweispänner handelt, befinden sich in jedem Steigstrang zwei Zuluft- und zwei Abluftleitungen, ausgeführt als Wickelfalzrohr mit einem Durchmesser von 200 mm.

Die horizontale Verteilung in den Wohnungen erfolgt unterhalb der Flurdecke. Zu- und Abluftleitung wurden jeweils als Wickelfalzrohr mit dem Durchmesser 100 bis 125 mm montiert. Nach dem Abzweig vom Steigstrang befinden sich am Schachtübergang Brandschotts ohne Wartungsaufgabe. Es wird jedoch in regelmäßigen Abständen geprüft, ob die Funktionsfähigkeit gewährleistet ist. Die Höhe der Abhängung sollte möglichst gering sein und konnte in Abhängigkeit von Querungen, Schalldämpfern und Trockenbaukonstruktion auf etwa 20 cm reduziert werden. Die Durchbrüche wurden mittels Kernbohrung erstellt. Die Luftdurchlasselemente für die Zuluft wurden als Weitwurfdüsen ausgeführt.

2.8 Heizung und Trinkwassererwärmung

Die Wärmeversorgung für Heizung und Trinkwasserversorgung erfolgt durch Fernwärme. Da die Nürnberger Fernwärme einen Primärenergiefaktor von 0,11 aufweist, liegt damit eine hocheffiziente und ökologisch äußerst positiv zu bewertende Heizvariante vor. Für die Versorgung des Anwesens wurde eine zentrale Übergabestation für das Gebäude gewählt in Verbindung mit einem Zweirohrnetz und Übergabestationen pro Wohnung, durch die Warmwasser und Heizwärme individuell regelbar für die Nutzer bereit gestellt werden. Die Verteilung läuft horizontal über dem Gang der Kellerbereiche in der neu erstellten Dämmung und befindet sich mithin innerhalb der gedämmten Gebäudehülle. Die Steigstränge führen je Haus parallel zur Lüftungsleitung. Die Wohnungsverteilung erfolgt ebenfalls gemeinsam mit den Lüftungssträngen innerhalb der abgehängten Decke zum Bad bzw. Küche, wo die Übergabestation untergebracht ist. Ein wesentliches Argument für diese Technik liegt darin begründet, dass die Geräte ohne Umbau an die bisherigen Anschlüsse des Gasdurchlauferhitzers angeschlossen werden konnten. Da die Sanierung im bewohnten Zustand stattfand, sollten die Bäder nicht erneuert werden.

2.9 Energetische Berechnungen und Energieverbrauch

Für das Bestandsgebäude wurde die energetische Berechnung nach EnEV und Passivhaus Projektierungs Paket (PHPP) durchgeführt, für den Passivhausbereich im Dachgeschoss erfolgte der Nachweis nach PHPP. Die Ergebnisse für Bestand und Sanierung werden tabellarisch zusammengestellt (s. Tabelle 2).

Tabelle 2 Daten der energetischen Berechnung nach EnEV und PHPP für die Bernadottestraße 42 – 48 / Bereich Bestand

Berechnung nach EnEV (Bezugsfläche A_N)					
H_T' vor Sanierung	1,40	W/m ² K	Q_P vor Sanierung	200,8	kWh/(m ² a)
H_T' zulässig gemäß EnEV*	0,60	W/m ² K	$Q_{P_{zulässig}}$ gemäß EnEV	89,1	kWh/(m ² a)
H_T' nach Sanierung*	0,25	W/m ² K	Q_P nach Sanierung	33,6	kWh/(m ² a)
Prozentuale Unterschreitung der EnEV	58	%	Prozentuale Unterschreitung der EnEV	62,3	%
Berechnung nach PHPP (Bezugsfläche A_{EB}/Wohnfläche)					
Bereich Bestand EG – 2. OG (1578 m ²)			Bereich Passivhaus, 6 WE, DG (498 m ²)		
Heizwärmebed. vorher	204	kWh/(m ² a)			
Heizwärmebed. saniert	27	kWh/(m ² a)	Heizwärmebedarf	15	kWh/(m ² a)

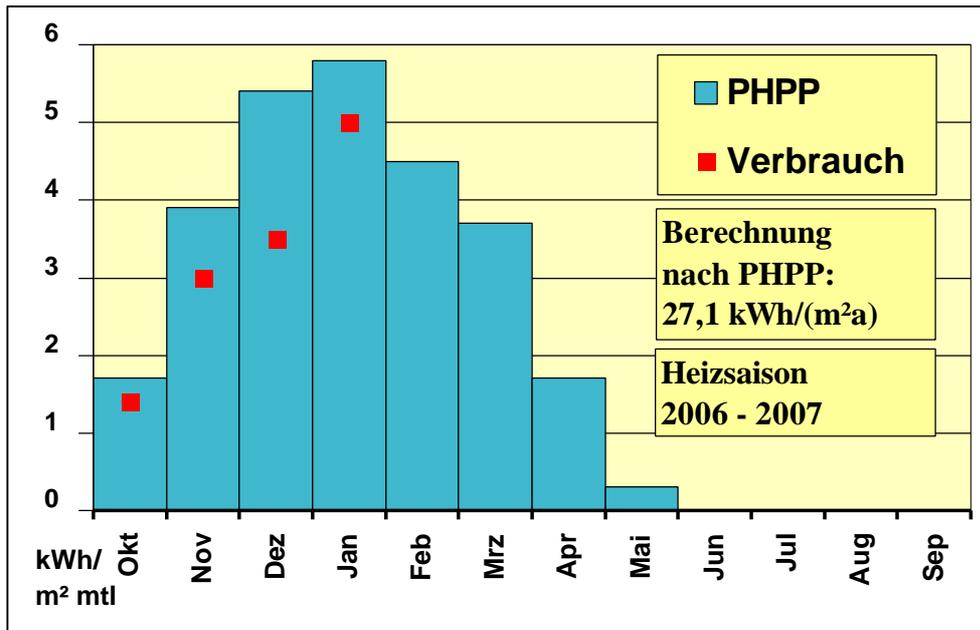


Abb. 6 Heizwärmebedarf gemäß PHPP-Berechnung und Messwerte für die Bestandswohnungen (Stand 1.2.2007)

Die Verbrauchserfassung erfolgt monatlich an der Fernwärmeübergabe. Die Auswertung der Daten (Stand 1.2.2007, Abb. 6) zeigt, dass der Heizwärmeverbrauch in Bestandswohnungen unterhalb der berechneten Werte nach PHPP liegt. Eine Heizgradtagszahlbereinigung wurde allerdings nicht durchgeführt.

2.10 Baukosten

Die Baukosten betragen für den Bestand ca. 550 € pro m² Wohnfläche (nach DIN 276 Kostengruppe 300/400 inkl. MWSt.). Die Kosten für die Aufstockung mit Errichtung von sechs Wohnungen im Passivhausstandard belaufen sich auf 850 €/m². Die Mehrinvestitionen für die Passivhaustechnik und den Standard EnEV minus 50 % gegenüber dem Referenzstandard EnEV-Neubau belaufen sich auf 95 €/m². Änderungen, die sich aus Belangen der Denkmalpflege ergaben, führten zu Mehrkosten von 40 € pro m² Wohnfläche, die zu diesen Summen zu addieren sind.

3 Schlussfolgerungen und städtebauliche Entwicklung

Das Gebäude liegt in einem Baugebiet mit 1030 Wohnungen, das in den nächsten Jahren modernisiert werden soll. Das Quartier wurde auf der Grundlage eines städtebaulichen Wettbewerbs in den Jahren 1961 bis 1964 durch die wbg Nürnberg mit dem Architekten Reichow errichtet. Wenige Tage vor Sanierungsbeginn der Bernadottestraße 42 – 48 wurde für das Gebiet der Denkmalcharakter seitens der Denkmalschutzbehörde festgestellt. Dies führte bei der Sanierung des Projekts zu einigen kurzfristigen Umplanungen. Von der wbg Nürnberg wurde die Situation als positive Herausforderung gesehen, die unter Einbeziehung einer möglichst umfassenden Fachkompetenz und unter dem Aspekt, die Planungen mit Verwaltung und Öffentlichkeit intensiv zu diskutieren, zu einer optimalen Lösung für das Baugebiet führen soll. Die Architektengemeinschaft Fritsch, Knodt & Klug und

Schulze Darup & Partner wurde mit der Erstellung eines Rahmenplans für die Sanierung beauftragt. Als wesentliche Ziele dieser Planung werden benannt:

1. Denkmalgerechte Gestaltung und Aufwertung der städtebaulichen Situation
2. hochwertige Nachverdichtung in einem innenstädtischen Gebiet
3. Vitalisieren des Gebietes durch einen ausgewogenen Wohnungsmix und sozial flankierende Maßnahmen
4. Verbinden von Ökonomie und Ökologie durch hoch energieeffiziente Sanierung in Verbindung mit angepassten Finanzierungs- und Fördermodellen
5. Durchführung der Sanierungsmaßnahmen in einem für die Mieter möglichst verträglichen Rahmen.

Von allen Beteiligten wird gewünscht, dass diese Anforderungen möglichst umfassend erfüllt werden sollen und eine win-win-Situation für alle Beteiligten erzielt wird.

Auf Grundlage der Erfahrungen bei den bisher sanierten „Leuchttürmen“ ist es aus technischer Sicht sowie aus Komfortgründen sinnvoll, Passivhaustechnik auch flächendeckend für ein gesamtes Quartier einzusetzen. Entscheidend für den in den nächsten Monaten festzulegenden energetischen Standard wird nicht zuletzt der wirtschaftliche Rahmen und die Fördersituation sein.



Abb. 7 Parkwohnanlage mit 1030 Wohnungen: Grundrisstypologie (Quelle FKK & sd)



Abb. 8 Modellausschnitt für die Nachverdichtung des DG's in Abstimmung mit der Denkmalschutzbehörde (Quelle FKK & sd)