Individueller Wohnbau in Sichtbeton

Der Versuch einer architektonischen Antwort

Von Bernd Sammann, Benthe

1 Projektcharakteristik

1.1 Städtebau

Das Wohnbauprojekt Benther Berg stellt die Auseinandersetzung mit dem konkreten Ort dar. Der konzeptionelle Ansatz und die städtebauliche Intention – so nicht universell auf andere Standorte übertragbar – kann gleichwohl hinsichtlich der Module und ihrer Technologie modifiziert eingesetzt werden.

Die Problematik der städtebaulichen Nachverdichtung war Ausgangspunkt des Denkens: statt eines zu sanierenden Hauses (Baujahr 1958) auf 2.000 m² Grundstücksfläche – in attraktiver Lage am Benther Berg – drei Häuser mit jeweils andersartigen, aber gleichwertigen Wohnqualitäten (Bild 1).

Die städtebauliche Raumbildung – eine Kernfrage des Städtebaus, insbesondere, wenn es um individuellen, niedriggeschossigen Wohnbau geht – war von Beginn an gefordert. Konkret: Die Baukörper, die Topographie, der alte Baumbestand und die Gartenwände und Terrassen sollten zu einem Kontinuum zusammengeführt werden (Bild 2).

Die Kuben in ihrer reduzierten Formensprache bilden ein eigenes Ensemble (Bild 3) und stehen im prägnanten Kontrast zu der übrigen, üblichen Bebauung aus den 30er bzw. 50er Jahren.

1.2 Architektur

Der architektonische Ansatz für dieses Ensemble ist – bei genauer Betrachtung – nicht ungewöhnlich, ist eher normal. Lediglich der durch transparente Glasarchitektur und Materialmix und Formenvielfalt des Mainstreams verwöhnte (oder überforderte ?) Architekturkonsument hat ästhetische Nöte mit diesem baulichen Ergebnis. Die Reduzierung der Mittel – im 19. Jahrhundert benötigte der Baumeister 22 Materialien zum Bauen, heute haben wir die Qual der Wahl zwischen 4.000 verschiedenen Materialien – wirkt heute (erstaunlicherweise) provozierend.

Im Kontrast zum postmodernen Formenkanon und den dekonstruk-

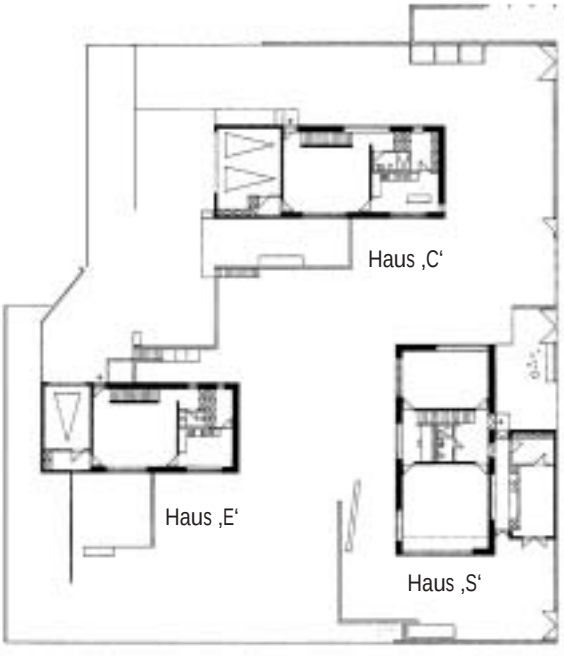

Bild 1: Lageplan der Häuser C, E und S

Bild 2: Baukörper, Topographie, Baumbestand und Terrasse bilden ein Kontinuum.

Bild 3: Ensemble Wohnbauten Benther Berg

tivistischen Ergüssen, Faltungen und Verwerfungen, mit denen sich Architektur gerade befasst, wird hier die kompakte Form gesucht, nicht nur wegen des günstigen A/V-Verhältnisses, sondern um den Qualitäten der einfachen Formen und der definierten und ‚bergenden' Räume nachzuspüren (Bild 4).

Das archaische Gefühl, sich in ‚vier Wände' zurückziehen und zur Ruhe kommen zu können, scheint (wieder) zu einem vitalen Anliegen zu werden, in einer Gesellschaft, von der gerade jetzt grenzenlose mentale, geistige und geographische Mobiltät abverlangt wird!

Wenn wir uns besinnen auf die nach wie vor gefragten Qualitäten der großen Gründerzeitwohnungen, so sind hier nicht die qualitativen Ausstattungsmerkmale, wie Parkett, Marmor und Stuck primär entscheidend, sondern die primären Qualitäten der Räume, d.h. ihre Abmessungen, ihre Erschließung und ihre Belichtung (Bild 5) sowie ihre vielseitige Benutzbarkeit.

Die Fassaden sind von einem doppelten formalen Rhytmus überzogen, dem System der versetzten Fensteröffnungen und dem Fugenraster des Schalungssystems (Bild 6). Es ist der Versuch, die kompakte Masse ‚zum Schwingen' zu bringen, ihr Bewegung einzuhauchen, sie leicht zu machen. Diese Wirkung ist natürlich auch stark auf die besondere Helligkeit des Sichtbetons zurückzuführen.

Bild 4: Haus S; der „bergende" Raum in kompakter Form

Bild 5: Nachtsimulation am Modell

Bild 6: Das Fugenraster des Schalungssystems im Zusammenspiel mit dem System der versetzten Fensteröffnungen

Bild 7: Haus C Loggia, Wechselspiel von Fugenbild und Öffnungen

Durch den Einsatz von Hochofenzement stellen sich Helligkeitswerte – insbesondere bei direkter Sonneneinstrahlung im Sommer, aber auch bei klarem Winterwetter – ein, die die Flächen regelrecht zum Leuchten bringen (Bild 7)!

Der gewollte Widerspruch zwischen Material und formaler Ausprägung!

1.3 Haustypologie

Die realisierten Bauwerke lassen sich typologisch unterscheiden in

- das Haus am Hang (C, E) und
- das Haus in der Ebene (S).

Die dreigeschossigen Hanghäuser haben hangabwärts ein zusätzliches Geschoss; sie sind unterteilt in das primäre Wohngebäude und hangaufwärts in das so genannte kalte Bauteil, bestehend aus Garage im Erdgeschoss und der Südwest-Loggia im Obergeschoss (Bild 8).

Die innere, vertikale Erschließung geschieht über einfache, einläufige Treppenanlagen aus Beton mit Holzbelag (KG/OG) oder offene Massivholzstufen zum Obergeschoss.

Jedes Hanghaus verfügt über drei individuelle Sitzplätze, als Terrassensitzplätze bzw. als Loggia. Der Verzicht auf Einfriedungen zwischen den Grundstücken lässt einen grünen Innenraum entstehen, der durch seine minimierten Gartenarchitekturelemente die Reduktion der Architekturerscheinung noch steigert (Bild 9).

Das zweigeschossige Gebäude verfügt über zwei Gartenhöfe jeweils im Osten und im Süden. Sie sind Eingangshof und Gartenhof gleichzeitig, nach Belieben. Gartenwände aus hellem Sichtbeton von 1,80 m Höhe mit unbehandelten Eichenholztoren besetzen hart die Grundstücksgrenzen und verweigern sich stur der Teilnahme an jeglichem Vorgartenwettbewerb (Bild 10).

Bild 8: Architektur des Ensembles, Südansicht

2 Bautechnik

2.1 Bauweise / Energie

Ein etwa 250 m² großes Niedrigenergie-Haus mit Betonkerntemperierung, 11 m² Sonnenkollektorfläche für die Brauchwasserbereitung und Heizungsunterstützung eines gasbeheizten Warmwasserpufferspeichers ist die Kurzcharakteristik des Bauwerks. Massive Bauteile mit hoher Speicherkapazität und möglichst wenig ‚aktive' Haustechnik waren die Ausgangsforderung der Bauherrschaft.

2.2 Tragwerk

Ein zwei- bzw. dreigeschossiges Massivhaus mit Sichtbetonaußenschale, -innenwänden und -decken. Die inneren Außenwände sind aus Porotonmauerwerk mit unbehandeltem Kalkputz hergestellt, was durch die bautechnische Abfolge erforderlich wurde, aber auch wohnklimatisch gewünscht war.

Die Gründung besteht aus einer Stahlbetonplattengründung – ohne Frostschürzen – auf einem 1,60 m dicken Schotterpolster wegen eines problematischen Baugrunds mit mächtigen Lößschichten (... oben auf dem Benther Berg!).

2.3 Konstruktion

Die konstruktive Besonderheit besteht darin, dass zuerst die Sicht-

Bild 9: Wohnqualität in Sichtbeton

Bild 10: Gartenwände aus hellem Sichtbeton mit unbehandelten Eichenholztoren

betonaußenwände (Bild 11) und anschließend die Decke (Bild 12) betoniert wurden; als Wanddicke wurden 20 cm gewählt. Das Schalungssystem bestand aus einer Systemschalung mit Abmessungen von 1,35 m x 2,70 m.

Nach Fertigstellung der geschosshohen Fassaden wurden die Innenquerwände betoniert und die inneren Außenwände aufgemauert (Bild 13), so dass die darüber liegende Ortbetondecke in Sichtbeton ausgeführt werden konnten. Die Geschossdecke (Bild 14) und die Innenwände (Bilder 15 und 16) zwischen Erd- und Obergeschoss sind mit Betonkerntemperierung (BKT – nur Heizen, nicht Kühlen!) ausgestattet.

Etwa 1.000 m Kunststoffleitung wurden auf besonderen Bewehrungskörben verlegt, was zu einer zusätzlichen Erschwernis bei der Herstellung der Sichtbetonflächen führte. Trotz Reinigung der Schalflächen mit einem Hochdruckreiniger verblieben Rostpartikel der Bewehrung auf der Schalfläche, die auf dem Sichtbeton in Teilen Rostfarbtöne hinterlassen haben.

Die Befestigung zwischen Fassade und Geschossdecken erfolgte mit Ankern aus Edelstahl, die punktuell (e = 2,00 m) eingesetzt wurden.

Die Dachdecke – ebenso in Sichtbeton – wurde auf einen Stahlbeton-Ringbalken aufgelegt (Bild 17) und mit V4A-Dollen als Lagesicherung ausgestattet.

Sämtliche Fassadenöffnungen im Sichtbeton wurden im Brüstungsbereich 10 cm überhöht betoniert. Eine individuelle Klappschalungskonstruktion ermöglichte es, die Betonüberhöhung nach innen herauszunehmen, um Fensterbänke mit Kernbetonqualität zu realisieren (Bild 18). Die Fensterbänke haben keinerlei Abdeckungen, sondern sind lediglich mit einem hölzernen, saugenden Reibebrett grob abgerieben.

Bild 11: Haus C, Fassaden im Rohbau

Bild 12: Haus C, Betonieren der Decke

Bild 13: Luftbild Haus S, Innenquerwände aus Sichtbeton mit gemauerten inneren Außenwänden

Bild 14: Haus S , Kunststoffleitungen für die Betonkerntemperierung in der Decke über Erdgeschoss

Im Vergleich zum konventionellen Mauerwerksbau im Wohnbau verlangt die hier gewählte Bauweise einen besonders hohen Vorplanungs- und Abstimmungsaufwand, da Änderungen durch individuelle Bauherrenwünsche während des Bauprozesses nicht mehr möglich sind.

Besondere Schwierigkeiten machte die Suche und Auswahl geeigneter Rohbaufirmen, da in dieser Region die betontechnologischen Kenntnisse wohl bei den tradionellen Ingenieurbaufirmen für Straßen- und Brückenbau vorhanden sind, diese aber offensichtlich (leider) an individuellen und kleineren Wohnbauprojekten nicht interessiert sind.

Ein Engagement der Baubetriebe in diesem Marktsegment, wie man es traditionell in der Schweiz oder im Vorarlberg findet, ist nicht absehbar und auch – bedingt durch das aktuelle und strukturelle Firmensterben – mittelfristig nicht zu erwarten.

Insofern ist möglichweise dieses Benther Wohnbau-Projekt ein Glücksfall oder wenigstens eine Ausnahmeerscheinung!

2.4 Leistungsbeschreibung / Definition der Standards

Bei der Beschreibung der zu erbringenden Leistung wurde nicht Sichtbeton, sondern Ortbeton mit Sichtbeton-Qualität ausgeschrieben. In Anlehnung an die österreichische Betonnorm ÖNORM B 2211 [1] und unter Berücksichtigung von [2] wurde die eingeforderte Qualität der Sichtbetonflächen definiert und eingefordert.

Bild 15: Einbau Betonkerntemperierung Wand – mit Kaminausschnitt – ...

Bild 16: ... und als fertige Sichtbetonwand

Bild 17: Luftbild, Haus S im Rohbau mit Stahlbeton-Ringbalken hinter der Sichtbetonfassade

Bild 18: Haus C Fassadenverspannung und Fenster (Rohbau von innen)

Bild 19: Muster der Betonoberfläche als Vertragsvereinbarung

Folgende Anforderungen wurden in der Ausschreibung festgelegt (Auszug aus dem Leistungsverzeichnis):

- Für den Baukörper ist ein Ortbeton mit sichtbar bleibender Ansichtsfläche gefordert. Zur Orientierung gilt enstprechend ÖNORM B 2211 (Porigkeit P, Struktur S2A, Farbgleichheit F1)

- Als Bindemittel ist nur Zement nach 1164 zu verwenden. Um Brauntöne zu vermeiden, darf keine Flugasche verwendet werden. Um einen helleren Grauton zu erreichen, ist Hochofenzement zu verwenden. Der Zementgehalt muss > 300 kg/m^3 sein.

- Der Mehlkorngehalt muss hoch genug sein, ca. 400 kg/m^3, der w/z-Wert > 0,50.

- Die Betonkonsistenz KP ist einzuhalten.

Darüber hinaus wurde mit der ausführenden Firma vereinbart, dass vorab ein Wandabschnitt des Gartenhofs als Sichtbeton-Musterfläche (Bild 19) betoniert wurde, um nicht nur die richtige Konsistenz, sondern auch Schalung, Schalfugen, Einbau, Verdichtung, das Ausschalen und die Nachbehandlung zu prüfen und für den Streitfall ein so genanntes justiziables Muster im Maßstab 1:1 zu haben, das den Qualitätmaßstab eindeutig festlegt.

Sicherlich zeigen die Betonoberflächen letztendlich sehr vielfältige Ansichten, die aber durchaus akzeptabel sind, da ähnlich wie bei guten Lederschuhen das Oberleder des linken nicht absolut identisch mit dem des rechten Schuhs sein muss, es sei denn, es wird synthetisches Material bevorzugt – und dieses ist Sichtbeton nun einmal nicht und sollte es (hier) auch nicht sein!

2.5 Schalungstechnik

Aus Kostengründen wurden keine exakten Schalungsgrößen, sondern lediglich das Schalungssystem mit kunststoffbeschichteten, glatten Oberflächen, ausgeschrieben. Das Ergänzen mit Brettstreifen und Zwickeln wurde ausgeschlossen.

Der Unternehmer hatte – in Abhängigkeit zu den von ihm gewählten Schaltafelgrößen – eigene Schalpläne vorzulegen; das Schalungsraster wurde vom Architekten mit dem vorgegebenen Fensterraster der Fassaden abgestimmt und freigegeben. Hierbei wurden ebenso die Arbeitsfugen (mit trapezförmigen Hartholzleisten ausgeführt!) sowie die Dehnungsfugen berücksichtigt, um den Fassaden eine gestalterisch abgestimmte Tektonik der Flächen geben zu können.

Auf die erforderliche Steifigkeit der Schalung wurde vorsorglich hingewiesen und eben diese bereitete auch erhebliche Probleme, wie sich später – aufgrund der vom Unternehmer gewählten Schalungsgröße von 1,35 m x 2,70 m – herausstellte.

Bedingt durch die Tafelgröße führte die normale Verspannung der Schaltafeln zu einem Ausfließen des Zementleims, so dass nach dem Ausschalen der Musterwand in den Fugen Kiesstreifen entstanden.

Durch Einsatz zusätzlicher Spanntraversen konnte dieser Mangel jedoch behoben werden.

Gemäß Leistungsverzeichnis war gefordert, dass „alle Eckausbildungen vollkantig herzustellen sind; auf Dreikantleisten soll in Gänze verzichtet werden“. Diese Forderung wurde mit dem Bauunternehmer heftig diskutiert, da sich an den Musterflächen zeigte, dass dieses mit gewöhnlichen Mitteln nicht zu erfüllen war.

Somit wurde – nach dem Versuch einer Silikon-Abdichtung der Fugen – ein Fugenband in sämtliche Schalungsstöße eingelegt, um das Auslaufen von Zementleim auszuschließen.

Durch langsames Betonieren und sorgfältiges Verdichten und Nachverdichten konnten die gewünschten Ergebnisse erzielt werden (Bild 20).

3 Betontechnologie und Betontechnik

3.1 Betonzusammensetzung

Die Zusammensetzung des als Transportbeton hergestellten Betons ist in Tafel 1 angegeben. Der Beton wurde vorwiegend aus farblichen Gesichtspunkten (Helligkeit, Gleichmäßigkeit) mit Hochofenzement CEM III/A 32,5 N hergestellt. Die Gesteinskörnung bestand aus Kiessand 0/16. Zusatzstoffe wurden nicht verwendet.

3.2 Einbringen des Betons

Beim Festlegen der Betonierabschnitte wurde davon ausgegangen, dass bei waagerechter Anordnung der Schaltafeln eine Betonierhöhe von 4 Elementen x 1,35 m = 5,40 m zu realisieren war. Diese stellte erhebliche Anforderungen an die Arbeitszeiten auf der Baustelle sowie – was das minutiöse Anliefern des Betons und seine gleich bleibende Qualität anging – an das Betonwerk. Mit einem Fallrohr wurden die 20 cm dicken Fassadenwände lagenweise 50 cm hoch betoniert und nach etwa 30 Minuten nachverdichtet.

Erwähnenswert ist auch, dass der Baustellenpolier persönlich die verantwortungsvolle Arbeit am Fallrohr durchgeführt hat!

3.3 Verdichten

Anhand der vereinbarten Musterflächen wurde festgestellt, dass das Verdichten mit Schalungsrüttlern zu keiner befriedigen Betonansichtsfläche führte; erst nach der Umstellung auf den ausschließlichen Einsatz von Flaschenrüttlern konnten die gewünschten Oberflächen hergestellt werden.

3.4 Nachbehandlung

Die gemäß Leistungsverzeichnis vereinbarte Nachbehandlung sah vor, die Bauteile frühestens nach drei Tagen auszuschalen. Die darüber hinaus vereinbarte fünftägige Folienabdeckung konnte entfallen, da die jahreszeitliche Witterung kontinuierlich kühl und feucht war.

4 Klimatologische Aspekte

Aufgrund der vorgenannten Gründungsprobleme konnte mit den Bauarbeiten erst Ende Oktober begonnen werden, was sich jedoch im Nachhinein als sehr positiv herausstellte. Die geforderten Sichtbetonqualitäten in einer Sommerbaustelle zu realisieren, wäre nur mit überproportionalem Aufwand im Bereich der Nachbehandlung möglich gewesen. Kühle Temperaturen – z.T. mit Frost bis zu -5 °C –, nicht ein einziger anerkannter Schlechtwettertag während der Rohbauphase, hohe Luftfeuchte und geringfügiger Niederschlag waren ideale Voraussetzungen, kurzum: bestes Betonwetter!

5 Kosten

Die dargestellten Gebäude (Bild 21) wurden gemäß DIN 276, Kostengruppen 300 + 400, zu einem Preis von etwa 1.350 €/m² Nutzfläche (inkl. 16 % Mwst.) realisiert. Der Kostenanteil für die Sichtbetonfassaden (rd. 30 €/m² für die Sichtbetonwand sowie etwa 60 €/m² für die Schalung, Angaben jeweils netto) ist – gegenüber konventionellen Verblendungen und bezogen auf die Baukosten – nicht überproportional hoch.

6 Erfahrungen

Die günstige Konstellation, dass das Bauleitungsbüro auf der Baustelle während der gesamten Bauzeit kontinuierlich besetzt war, führte zu einer optimalen Abstimmung von Planung und Ausführung und ließ die (sonst) obligatorischen Baustellenprobleme (fast) gar nicht erst entstehen.

Im Bereich der Planung und Bauleitung verlangen diese Gebäudekonzepte allerdings einen Arbeitsaufwand, der mit normalen Honorarbedingungen der HOAI – sowohl für den Architekten als auch für den Tragwerksplaner – nicht zu realisieren ist!

Dieses Projekt mit den Wohnbauten am Benther Berg auf das konventi-

Bild 20: Haus E Loggia, Wechselspiel von Fugen und Öffnungen

Tafel 1: Zusammensetzung des Betons

Betonfestigkeitsklasse besondere Eigenschaften Konsistenz		B25 Wasserundurchlässigkeit, Sichtbeton KP
Zementart und Festigkeitsklasse Zementgehalt z	 kg/m³	CEM III/A 32,5 N 400
Wassergehalt w/z	kg/m³	196 0,49
Gesteinskörnung Sieblinie Sand 0/2a Kiessand 2/8 Kies 8/16 Gesamtgehalt	 kg/m³ kg/m³ kg/m³ kg/m³	 AB 16 682 358 665 1.705
Betonzusatzmittel Art Gehalt	 % von z	 BV 0,5

onelle Baugeschehen zu übertragen, würde voraussichtlich problematisch enden, da einerseits der Planungsaufwand sehr hoch ist, andererseits ausführende Firmen (in dieser Region) fehlen, die sich mit ihren betontechnologischen Möglichkeiten Projekten dieser Größenordnung widmen würden. (Warum eigentlich?)

Insofern ist dieses Projekt ein Versuch und wird so nicht – unter normativen Bedingungen – auf andere Bauvorhaben übertragbar sein; vorausichtlich wird es Einzelfall bleiben müssen!(?)

Gleichwohl bestünde eine realistischere Chance darin, die Möglichkeiten von Montagen mit Betonfertigteilkonstruktionen – insbesondere bei Sichtbetonansprüchen – für individuelle und kleinere Projekte einzusetzen, um die Vorteile (noch) besserer Sichtbetonqualität, höherer Maßgenauigkeit und auch schnellerer und witterungsunabhängiger Fertigung in Anspruch nehmen zu können.

Insbesondere durch den Einsatz von Hochofenzement bekommen hier die Sichtbetonflächen eine Glätte und helle Leuchtkraft, so dass es nicht der Sonne Arkadiens bedarf – auch die Lichtverhältnisse des herben Calenberger Landes genügen –, um den prägnanten Unterschied zwischen Bauen und Architektur wahrnehmbar werden zu lassen.

Die Sinnlichkeit dieses hochsensiblen Materials Beton ist hier ästhetische Komponente (Bild 22), auch Teil der Funktion und Dominante im architektonischen Konzept.

7 Literatur

[1] ÖNORM B 2211: Beton- und Stahlbetonarbeiten; Werksvertragsnorm (Ausgabe Juli 1986).

[2] Ebeling, K.: Sichtbeton – Planungs- und Ausführungshinweise. beton 48 (1998), Heft 4, S. 208-214.

Bild 21: Haus E Hangseite, helle Sichtbetonfassaden und Eichenholzfenster

Bild 22: Haus E Detail Loggia