

# Raum und Luft

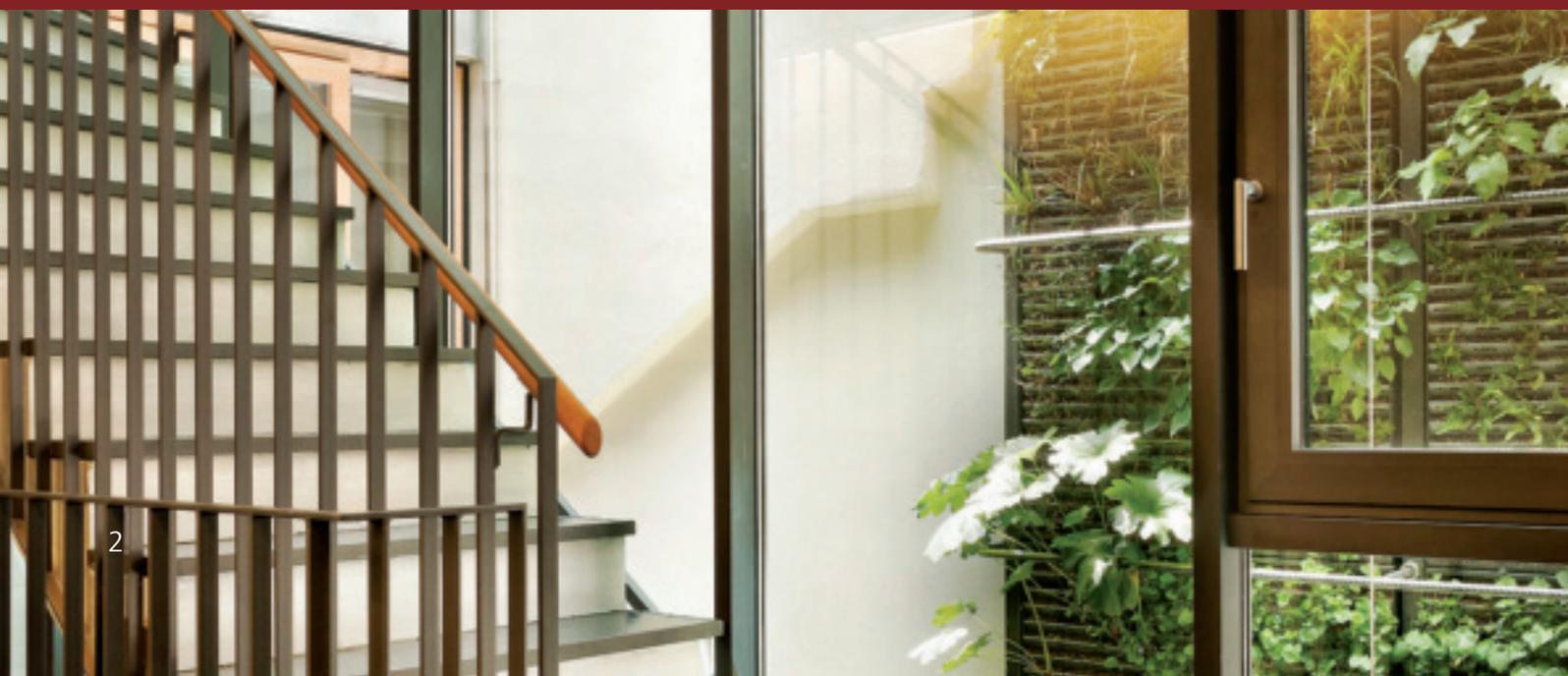
Angemessene Lüftungskonzepte bei der  
Erneuerung von Wohnbauten



**energie**schweiz



Auch wenn durchaus Grundprinzipien zum Umgang mit Raumstruktur und Infrastruktur erkennbar sind, erweisen sich bei der Wahl der Planungsstrategie doch vor allem der spezifische Kontext sowie die angestrebten individuellen Zielsetzungen einer Wohnungserneuerung als ausschlaggebend. Die Ansprüche verlangen zudem eine hohe Gestaltqualität, verbunden mit einem Gebrauchswert, der die Bedürfnisse der Nutzenden ins Zentrum stellt. Weiter spielt die Angemessenheit der Massnahmen zur Erreichung von guter Luft im Innenraum und damit die Wirtschaftlichkeit eine wichtige Rolle. Gefragt sind also integrale Architektur- und Gebäudetechnikansätze, die eine zukunftsfähige und nachhaltige Baukultur erhalten und weiter entwickeln.



# Inhaltsverzeichnis

---

Ausgangslage und Zielsetzung .....	4
○ Architekturqualität und Bauerneuerung .....	4
○ Energieeffizienz, dichte Gebäudehülle und hoher Innenraumkomfort .....	4
○ Komfortbegriff und gute Luft im Innenraum .....	4
○ Umgang mit Komfortansprüchen im Laufe der Zeit / Raum und Material .....	5
○ Entscheidungsgrundlagen im frühen Planungsprozess .....	6
Entwicklung Wohnungsbau .....	7
○ Wohnungsbau in der Schweiz zwischen 1900 und 2000 / Fokus Raum und Luft .....	7
Lösungsstrategien .....	14
○ Thesen zu Raum und Luft .....	14
○ Betrachtungsebenen .....	14
Ebene 1: Kontext und Zielsetzungen .....	15
Ebene 2: Gebäude .....	17
Ebene 3: Wohnung .....	26
Ebene 4: Bauteil .....	28
Konklusion .....	34
Beilage .....	36
○ Raum und Luft: Checklisten .....	36

# Ausgangslage und Zielsetzung

## Architekturqualität und Bauerneuerung

Rund ein Drittel der heute bestehenden Wohnbauten in der Schweiz ist mehr als 70 Jahre alt, annähernd die Hälfte ist älter als 25-jährig.<sup>1</sup> Der Erneuerungsbedarf und die damit verbundenen baulichen Anpassungen an sich verändernde Wohn- und Lebensbedürfnisse ist entsprechend gross, die Erneuerungsrate ist im Verhältnis dazu jedoch immer noch relativ klein. Der Umgang mit dem (bau-)kulturellen Erbe stellt denn auch eine gesellschaftliche Herausforderung dar, die allerdings mehr verlangt als ein primär an technischen und wirtschaftlichen Kriterien orientiertes Handeln. Vielmehr sind Haltungen gefragt, die zudem ein Verständnis für die spezifischen Qualitäten der einzelnen Bauten erkennen lassen und damit Schlüsse für die Erneuerungsplanung ermöglichen, die zu einem echten Mehrwert führen. Was bei der Planung von Neubauten inzwischen selbstverständlich ist – Überlegungen sowohl zum Gesamtenergiehaushalt als auch zu Klima und Komfort von Beginn weg in den Entwurf einzubeziehen – erweist sich bei der Sanierung von bestehenden Häusern oftmals als kompliziert. Schnell zieht dieser Anspruch grössere Eingriffe in die bestehende Gebäudesubstanz nach sich, die den architektonischen Ausdruck und die innenräumlichen Qualitäten verändern. Die vorliegende Publikation grenzt das umfassende Thema der Erneuerung und Instandsetzung von Wohnbauten zwar auf den Aspekt von Raum und Luft ein, öffnet indessen den Blick auf qualitative architektonische Merkmale und verlangt entsprechend integrale Lösungsstrategien im Sinne einer nachhaltigen Baukultur.

## Energieeffizienz, dichte Gebäudehülle und hoher Innenraumkomfort

Das Ziel, den durch Gebäude verursachten Energieverbrauch mittel- und langfristig erheblich abzusenken, hat in den letzten Jahren dazu geführt, Gebäudehüllen gut gedämmt und möglichst luftdicht auszuführen. Neben den gewünschten positiven energetischen Effekten haben die Massnahmen jedoch auch zur Folge, dass ein natürlicher Luftwechsel oftmals kaum mehr vorhanden ist. Dies kann zu einer zeitweisen Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Gehalts und einer grösseren Raumluft- und Bauteilfeuchte führen, was wiederum eine Veränderung des Innenraumklimas und damit verbunden

eine Verminderung der Behaglichkeit für die Bewohnerschaft nach sich zieht. Um unterschiedlichsten Bauschäden vorzubeugen, die im Laufe der Zeit insbesondere durch die zunehmende Feuchtigkeit in Innenräumen entstehen können, sowie um dem Anspruch nach einem möglichst hohen Nutzerkomfort nachzukommen, sind heute zunehmend steuer- und kontrollierbare Lüftungskonzepte gefragt. Diese sollen zudem hohen architektonischen Anforderungen genügen und baukulturellen Qualitäten Rechnung tragen.

## Komfortbegriff und gute Luft im Innenraum

Der Komfortbegriff – und eng damit verbunden auch der Anspruch an Komfort – ist eine sich stetig wandelnde Grösse: So führte etwa das grundlegende Bedürfnis nach Schutz vor Witterung und Gefahr zu den ersten Behausungen, oder der Wunsch nach Wärme oder einer Kochstelle förderte die Kultivierung der Feuerstellen. Der heutige Komfortanspruch umfasst vielfältige Faktoren, die je nach Kultur, Ort und Zeit unterschiedlich gewichtet werden. In technisch hoch entwickelten Gesellschaften wird Komfort meist mit Behaglichkeit oder einer gewissen Bequemlichkeit gleichgesetzt, die primär mittels technischer Hilfsmittel erreichbar scheint. Dabei geht nicht selten der Blick dafür verloren, dass sich Aufenthalts- oder Wohnqualität keinesfalls nur über rein messbare Grössen, wie z. B. eine möglichst nutzerunabhängige, konstante Lüfterneuerung definieren lässt. Zwar wird ‚gute Luft‘ u. a. in der Norm SIA 180 «Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau»<sup>2</sup> zunächst einmal technisch-wissenschaftlich umschrieben, mit Aussagen zur thermischen Behaglichkeit, die nicht nur als Raumtemperatur, sondern auch über Oberflächen-temperatur (Strahlungstemperatur), Luftbewegung und Luftfeuchtigkeit definiert wird. Die Norm SIA 382/1 «Lüftungs- und Klimaanlagen – allgemeine Grundlagen und Anforderungen»<sup>3</sup> ergänzt bezüglich eines angenehmen Innenraumklimas neben der eigentlichen Luftqualität und den bereits genannten Faktoren dann aber noch weitere Aspekte, wie die akustische Situation, Beleuchtung und Farbe, Raumgrösse, Möblierung sowie die Möglichkeiten der manuellen Fensterlüftung und den Aspekt der Aussicht.

<sup>1</sup> Bundesamt für Statistik: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/del/index/themen/09/02/blank/key/gebaeude/bauperiode.html>

<sup>2</sup> vgl. SIA 180 «Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau» Zürich, Ausgabe 1999, S. 22ff.

<sup>3</sup> vgl. SIA 382/1 «Lüftungs- und Klimaanlagen – allgemeine Grundlagen und Anforderungen» Zürich, Ausgabe 2007, S. 25

Die effektiv empfundene Behaglichkeit wird darüber hinaus etwa von der Jahreszeit oder von subjektiven Faktoren wie Geschlecht, Alter und Gesundheitszustand<sup>4</sup> beeinflusst, wie auch von Aspekten einer angemessenen Differenzierung, denn ‚[...] Komfort allein ist das Schlimmste und das Langweiligste. Komfort im Sinne von Behaglichkeit ist nicht nur für jeden Raum erstrebenswert, sondern auch für gewisse Bereiche und Nischen.<sup>5</sup>

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sowohl die Architektur als auch die Gebäudetechnik das Behaglichkeitsempfinden gleichermaßen beeinflussen. Die Kunst liegt somit nicht zuletzt darin, Ausgewogenheit zwischen räumlichen Qualitäten und kontrolliertem Komfort – wie angenehmer Temperatur und Luftqualität – zu erreichen.

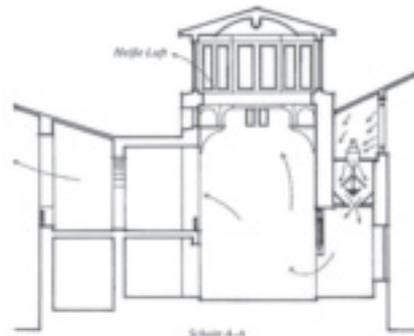
### Umgang mit Komfortansprüchen im Laufe der Zeit / Raum und Material

Die Auseinandersetzung mit früheren Entwicklungen im Rahmen einer kulturgeschichtlichen Betrachtung deckt auf, dass sich die Veränderung der Heizsysteme etwa – verkürzt dargestellt vom offenen Feuer in der Küche, über den Kachelofen im Zentrum des Hauses bis zur Zentralheizung mit Radiatoren – immer auch auf die Raum- und insbesondere auf die Grundrisstruktur von Wohnhäusern ausgewirkt hat. Ebenso hat sich der Aspekt ‚Luft‘ unter anderem bei vernakulären Bauten in Gegenden mit speziellen klimatischen Bedingungen zeitweise sowohl städtebaulich als auch architektonisch als raum- und stilbildend erwiesen. An den folgenden zwei Beispielen lässt sich erkennen, wie mit Hilfe einer entsprechenden Raumordnung (Haus in Bhutan, Himalaya) oder einer bewussten Ausbildung und Setzung von Wandöffnungen (Ägypten) sowohl Wind als auch Temperatur- und Druckgefälle ohne zusätzliche technische Hilfsmittel für die Regelung des Innenraumklimas genutzt wurden und immer noch werden.



1

*In vernakulären Bauten – wie Beispiele aus den Alpen und dem Himalaya zeigen – werden ‚Raum und Luft‘ integral verstanden. So bilden Zwischenräume unterschiedlich nutzbare Klima- und Komfortzonen.*



2

*In nordafrikanischen Ländern und im arabischen Raum werden mit Hilfe traditioneller Elemente wie dem ‚Malquaaf‘ (Windturm) und den ‚Claustra‘ (perforierte Wandelemente in der Fassade) die Luftbewegungen in den Häusern reguliert.*

<sup>4</sup> Klaus Daniels: *Gebäudetechnik – ein Leitfaden für Architekten und Ingenieure*, Oldenburg: vdf Hochschulverlag, 2000, S. 26

<sup>5</sup> Verena Huber im Gespräch mit Christina Sonderegger in: *Werk, bauen + wohnen*, Heft Nr. 3/2003, S. 60

Eine vertiefte Auseinandersetzung mit diesen vernakulären Prinzipien und den sich daraus ableitenden räumlichen und materiellen Phänomenen, kann – zusammen mit einem über die messbaren Werte hinausgehenden Verständnis von Behaglichkeit – Sichtweisen verschieben und zu neuen, differenzierten Lösungsstrategien führen. Denn gute Luft ist nicht nur abhängig von einem für Einzelräume richtig dimensionierten und genügenden Luftvolumenstrom; Raumdimensionen und -überlagerungen, Raumschichten und Öffnungsverhalten tragen ebenso dazu bei wie eine kluge Materialwahl: z. B. dampfdiffusionsoffene Konstruktionen und poröse, Feuchte speichernde und wieder abgebende Materialien.

### Entscheidungsgrundlagen im frühen Planungsprozess / Leitfaden und Checkliste

Mit dem nun vorliegenden Heft «Raum und Luft» werden Bauherrschaften und Liegenschaftsverwaltungen sowie Architektinnen und Planern mögliche Lösungswege und Entscheidungskriterien für die Erarbeitung geeigneter Lüftungskonzepte bei der Sanierung von Wohnbauten aufgezeigt. Dabei stehen nicht nur die in den letzten Jahren gewissermassen zur Regel gewordenen, rein technischen Lüftungslösungen im Vordergrund, sondern Ziel ist es auch, Überlegungen zu alternativen Konzepten und architektonischen Ansätzen anzuregen, mit denen gute Luft für Innenräume geschaffen werden kann. Der Fokus liegt dabei beim Komfort für die Nutzenden, der gestalterischen und technischen Integration sowie der Wirtschaftlichkeit und Angemessenheit; d.h. es geht sowohl um räumliche Fragestellungen als auch um umsichtige Strategien, wie ein dichter Innenraum mit Luft versorgt werden kann.

In diesem Sinne sensibilisiert das Heft für die Zusammenhänge von Raumstruktur und Infrastruktur und schafft mit der darin eingeschlossenen Planungshilfe als Leitfaden und Checkliste in einem frühen Planungsstadium soweit Übersicht, dass sinnvolle und für den Einzelfall angemessene Entscheide herbeigeführt werden können.

Methodik:

Ausgehend von diesen Grundlagen und von der Überlegung, dass es ähnlich wie beim klassischen

Entwurfsprozess Sinn machen dürfte, eine möglichst ganzheitliche Betrachtung und alle unterschiedlichen Massstäbe bei der Erarbeitung geeigneter Lüftungslösungen von Beginn weg mit einzubeziehen, baut die erarbeitete Lösungsstrategie auf folgenden vier Ebenenauf:

Kontext | Gebäude | Wohnung | Bauteil

Bevor im Hauptteil detaillierter auf diese vier Betrachtungsebenen eingegangen wird, soll die Entwicklung des Wohnungsbaus in der Schweiz zwischen 1900 und 2000 zusammengefasst werden. Dabei stehen die Aspekte ‚Gebäudetyp‘, ‚Wohnungsgrundriss‘ und ‚Bauweise‘ im Vordergrund, denen bei der Erarbeitung geeigneter Lüftungslösungen besondere Bedeutung zukommt.

# Entwicklung Wohnungsbau

## Wohnungsbau in der Schweiz zwischen 1900 und 2000 / Fokus Raum und Luft

Die Bedeutung des Zusammenhangs von Raum und Luft im Wohnungsbau hat sich im Verlauf des letzten Jahrhunderts parallel zur Entwicklung moderner Lebensformen und Wohnideale kontinuierlich verändert. Noch bis zur Jahrhundertwende stand – insbesondere im ländlichen und alpinen Kontext – das Wohnen in engem Zusammenhang mit dem Aspekt des geschützt und beschützt Seins; individueller Lebensraum, Gesundheit, Hygiene, Licht und Luft sind Schlagwörter, die spätestens seit Beginn des 20. Jahrhunderts nicht nur in bürgerlichen Kreisen zunehmend an Bedeutung gewannen. Die Entstehung zahlreicher subventionierter und genossenschaftlicher Wohnsiedlungen in ebendieser Zeit lässt sich als direkte Auswirkung der sich damals wandelnden Vorstellungen verstehen, wie auch eine breitere Bevölkerungsschicht leben können sollte.

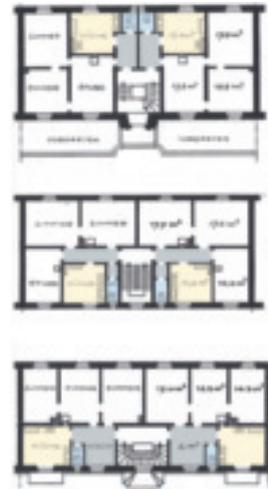
## 1900 bis Mitte / Ende 1920er Jahre

Der grosszügige Blockrand mit innen liegendem Hof oder Garten – nicht nur in den Industriequartieren der grösseren Städte gelegen – lässt sich als typische Bebauungsform für die Zeit von der Jahrhundertwende bis ca. Mitte der 1920er Jahre bezeichnen. Aneinandergereihte drei- bis fünfgeschossige Ein- oder Zweispänner setzen sich oftmals aus 3- und 4-Zimmerwohnungen zusammen; die oftmals noch zur Strasse orientierten Wohnräume werden dabei in der Regel entweder über eine innen liegende Diele oder einen zentralen Korridor erschlossen und lassen sich zum Teil durch interne Verbindungstüren zu kleineren Raumfolgen zusammenschliessen.

Auch wenn sich die Bewohnerinnen und Bewohner der ersten damals erbauten Siedlungen in vielen Fällen noch ein Bad im Keller zu teilen hatten, die Gebäude zumeist über keine Zentralheizung verfügten und in den einzelnen Wohnungen nicht viel mehr als eine Toilette und eine einfache Küche als gebäudetechnische Einrichtungen vorhanden waren, zeichnen sich die Grundrisse dieser Bauten auch heute noch durch angenehme Raumproportionen und mehrseitig orientierte Wohnungen aus, die eine gute Belichtung und Belüftung zulassen.



*Wohnsiedlung Zurlinden  
Sihlfeld, Zürich, 1919  
Architekten: Bischoff und  
Weideli*



3, 4

Ausgehend von der sich vorerst in Grossbritannien entwickelnden Gartenstadtidee entstehen ungefähr zur gleichen Zeit auch erste Formen von Reihenhausgruppen (z. B. Bernoulli-Häuser in Zürich) und Gartensiedlungen mit mehrgeschossigen, manchmal freistehenden oder zu kurzen Reihen zusammengefassten Wohnhäusern.



*Einfamilienhäuser  
Hardturmstrasse, Zürich  
Architekt: Hans Bernoulli  
1924/1928*

5

Diese weisen im Gegensatz zu den geschlossenen Blockrändern eine weitaus flexiblere städtebauliche Form auf. Die offene Bebauungsform bietet vielfältige Durchblicke zwischen den einzelnen Häusern hindurch und ermöglicht eine gute Durchlüftung der siedlungsinternen Aussenräume.



*Wohnsiedlung Riedtli  
Oberstrass, Zürich, 1912/1919  
Architekt: F. W. Fissler*

6

Dennoch erinnern die Gebäude selbst, anfangs sowohl bezüglich ihres architektonischen Ausdrucks – meist massiv anmutende Baukörper mit verputzten Fassaden und oftmals wuchtigen Walmdächern – als auch bezüglich ihrer inneren Grundrissordnung noch sehr stark an ihre Blockrand-vorbilder oder an zu Mehrfamilienhäusern uminterpretierte bürgerliche Villen der Gründerzeit.

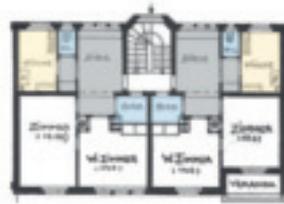
### 1930er Jahre

Mit dem Aufkommen neuer Konstruktionsarten und Baumaterialien wie Ortbeton und Stahl, die unter anderem grössere Spannweiten, Auskragungen und liegende Fensterformate zulassen, verändern sich ab den frühen 1930er Jahren zunächst das äussere Bild und später auch die inneren Strukturen der neu entstehenden Siedlungen zunehmend in Richtung der expliziten Ideale der Moderne.

Ausgehend vom Ruf nach Licht, Luft und Sonne (vgl. Schriften von Sigfried Giedion und ABC) werden bewohnbare Aussenräume sowie ein direkterer Bezug zwischen Innen und Aussen in den einzelnen Wohnungen und Wohnräumen zunehmend als wichtig, wenn nicht sogar als unverzichtbar erachtet. In die Gebäudekörper integrierte oder aus der Fassade auskragende Balkone und Terrassen sind ebenso Folge dieser neuen Werte wie auch grosszügige Verglasungen mit teilweise separat abgeteilten, kleineren Öffnungs- oder Lüftungsflügeln oder Flachdächer mit Attikawohnungen und begehbaren Dachterrassen oder Dachgärten.

Auch im Inneren werden die bekannten Strukturen allmählich aufgebrochen und Wohnungsgrundrisse entwickelt, die eine Neuinterpretation speziell des räumlichen Zusammenhangs von Wohnen und Essen erkennen lassen.

Aus dem Bestreben, möglichst allen Wohnräumen und Zimmern eine optimale Ausrichtung zu geben, entstehen neue Gebäudetypen, wie zum Beispiel leicht gebogene Baukörper mit aufgefächerten Grundrissen, die mit ihrer expressiven Form auch eine gewisse für die Zeit wichtige Dynamik zum Ausdruck bringen sollen.



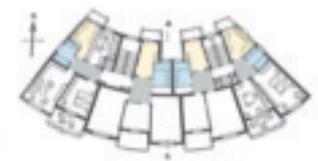
*Wohnsiedlung Riedtli  
Oberstrass, Zürich, 1912/1919  
Architekt: F. W. Fissler*

7, 8



*Wohnhaus «Pax»  
Lugano, 1934  
Architekt: Augusto Guidini*

9



*Casa «Rotonda»  
Lugano-Besso, 1936  
Architekten: Hans und Silvia Witmer-Ferri*

10, 11

Neben solitären oder in Zeilen eingebundenen Stadthäusern werden an Stadträndern zahlreiche, der Formensprache des ‚Neuen Bauens‘ folgende Siedlungen mit Reihenhäusern und mehrgeschossigen Zeilenbauten erstellt. Als ein wegweisendes Beispiel dafür gilt unter anderen die Werkbundsiedlung Neubühl in Zürich Wollishofen (1931-1932).



## 1940er Jahre

In den 1940er Jahren führt die kriegsbedingte Material- und Ressourcenknappheit zu einem Rückgriff auf möglichst einfache Bauformen. Die neu gebauten Wohnhäuser weisen sehr knappe Grundrisse auf und werden meist als gemauerte Massivbauten mit möglichst geringen Deckenspannweiten und einfachen, flach geneigten Satteldächern konzipiert. Auf eine Unterkellerung wird vielerorts verzichtet, der Innenausbau ist einfach und schnörkellos. Neben den bekannten 1- und 2-Spännern entstehen erste Laubenganghäuser.

## 1950er und 1960er Jahre

Bereits in den 1950er Jahren, vor allem aber ab den frühen 1960er Jahren findet eine wahre Explosion des Grundriss- und Formenreichtums im Wohnungsbau statt. Der Einbau von Liftanlagen wird vermehrt zum Standard. Dies hat zur Folge, dass künftig mit einem Treppenhaus möglichst viele Wohnungen erschlossen werden sollen. Die Baukörper werden tiefer, neue Gebäudeformen wie Y-förmige, gebündelte oder stark zergliederte Punktbauten werden entwickelt und mit der Umsetzung moderner städtebaulicher Konzepte entstehen die ersten Wohnhochhäuser. Gleichartige, übereinanderliegende Wohnungsgrundrisse und durchgängige Steigzonen sind für die meisten dieser Häuser typisch.



12

*Wohnsiedlung Triemli, abgetreppter Zeilenbau  
Triemli-Quartier, Zürich, 1945*

*Architekten: K. Egender und W. Müller*



13

*Siedlung Burriweg*

*Grundriss Laubenganghaus*

*Schwamendingen, Zürich, 1948*

*Architekten: H. Hubacher und A. Mürset*



14

*Wohnhochhaus*

*Alfred-Strebel-Weg, Zürich, 1960/62*

*Architekten: F. Hodler, E. Nüesch, G. del Fabro, B. Gerosa*



15

Freistehende Scheibenhäuser werden zu neuen Identifikationspunkten im Stadtraum. In den Aussenquartieren entsteht ein spannungsvolles Wechselspiel zwischen niedrigen Zeilenbauten und in die Höhe strebenden Punkthäusern, umgeben von meist grosszügig bemessenen Grünräumen. Neben Familienwohnungen mit vier bis fünf Zimmern erleben auch 1- und 2-Zimmerappartments einen grossen Aufschwung. Die Küchen werden zunehmend als platzoptimierte, abgeschlossene ‚Laborküchen‘ – ohne oder nur mit einem knappen, in der Küche integrierten Essplatz – eingerichtet und erschliessungstechnisch mit den vermehrt innen liegenden Bädern zu einer funktionalen Gruppe zusammengefasst. Ende der 1950er und Anfang der 1960er Jahre entstehen weitere neue Grossformen wie erste Terrassenhäuser und zu grösseren Gruppen zusammengefasste Schottenbauten. Mit der vom Atelier 5 entwickelten Siedlung Halen (1955-1961) wird ausserhalb von Bern, nicht nur räumlich betrachtet eine ganz neue Wohnform realisiert, sondern der partizipatorische Grundgedanke, welcher der Planung und Umsetzung dieser Siedlung zugrunde liegt, weist auch den Miteigentümern und der späteren Bewohnerschaft der Siedlung eine neue Rolle zu.

### 1960er Jahre

Die bisher grössten Dimensionen zusammenhängender Wohnsiedlungen werden schliesslich mit den in der konjunkturellen Blüte der 1960er Jahre in der Agglomeration grösserer Städte entstehenden Satellitenstädten erreicht; dies als Reaktion auf das sich vielerorts exponentiell entwickelnde Bevölkerungswachstum. Grossmassstäbliche Überbauungen wie das Tscharnergut in Bern (1958-1961), die Überbauung Grüzefeld in Winterthur (1965-1968) sowie – allen voran – die Cité du Lignon ausserhalb von Genf (1963-1971) verlangen nach neuen konstruktiven Lösungen, mit denen einem industrialisierten Bauprozess Rechnung getragen wird. Gleichartige, in grosser Anzahl wiederholbare Bauteile werden entwickelt; diese können seriell vorgefertigt werden, vereinfachen den Erstellungsprozess und werden damit auch ökonomisch relevant.



*Siedlung Halen  
Halen, Herrenschwanden, 1955/1961  
Architekten: Atelier 5*

16



*Überbauung «Grüzefeld»  
Winterthur, 1965/1968  
Architekten: Claude Paillard und Peter Leemann*

17



*Cité du Lignon  
Le Lignon bei Genf, 1963/1971  
Architekten: Georges Addor, Jacques Bolliger,  
Dominique Julliard, Louis Payot*

18

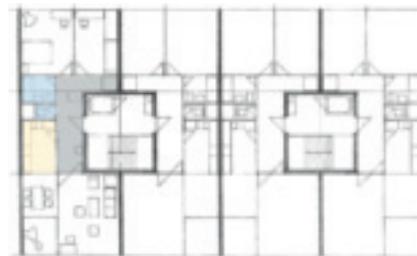
Durch eine sorgfältige Proportionierung der Baukörper wie auch eine differenzierte Materialwahl wird innerhalb des städtebaulich grossräumigen Zusammenhangs der menschlichen Dimension im Kleinen Rechnung getragen. Auf diese Weise wird nach aussen nicht selten eine hohe architektonische Qualität erreicht, die sich mit der Entwicklung neuer Grundrisstypen, die Antworten auf individuelle Bedürfnisse geben, auch innenräumlich manifestiert. Die zunehmend offenen Raumzusammenhänge von Wohnen, Essen und Kochen erlauben eine flexible Nutzung dieser Räume und sind nicht zuletzt Ausdruck eines Bedürfnisses nach räumlicher Grosszügigkeit innerhalb der zunehmend flächenoptimierten Wohneinheiten.<sup>6</sup> Die Bedeutung, die dem freien Blick in die weite Landschaft beigemessen wird, spiegelt sich in zum Teil vollständig verglasten Fassaden wider.

### 1970er Jahre

Auch in den 1970er Jahren spielen im städtischen Kontext verdichtete Bauweisen nach wie vor eine wichtige Rolle und so entstehen mancherorts ganze Hochhausgruppen oder vielfach geknickte Grossformen aus zusammengebauten, gleichartigen Einzelhäusern. Die neu erstellten Bauten zeichnen sich durch eine kubische Formensprache aus; im Grundriss und in der Durchbildung der einzelnen Bauteile lässt sich zunehmend eine sehr spezifische Nutzungsbestimmung erkennen. Im Zentrum steht demnach nicht länger die flexible Nutzbarkeit der Räume, sondern deren starke Differenzierung. Dies bedeutet, dass jedem Bewohner/ jeder Bewohnerin und allen Tätigkeiten – wie dem Zusammensein, Lesen, Kochen, Arbeiten oder Schlafen – ein spezieller Ort oder eine eigene Zone zugeschrieben wird. Diese werden entsprechend proportioniert und mit den dafür notwendigen Möbeln und Einbauten baulich ausformuliert.



19



20

*Cité du Lignon*  
*Le Lignon bei Genf, 1963/1971*  
*Architekten: Georges Addor, Jacques Bolliger, Dominique Julliard, Louis Payot*



21



22

*Wohnsiedlung Heuried*  
*Alt-Wiedikon/Sihlfeld, Zürich, 1974/1975*  
*Architekten: Claude Paillard und Peter Leemann*

<sup>6</sup> vgl. dazu: Giulia Marino, «Le Lignon – Monument der späten Moderne» in: *Tec 21*, Heft Nr. 24/2013, S. 16-20

In vereinzelt ebenfalls zu dieser Zeit entstehenden Unité-Typen, werden Gruppen unterschiedlichster Wohnungen in einem grossen Baukörper zusammengefasst. Klare Grundrissformen und sorgfältig gestaltete Sichtbetonstrukturen und -fassaden sind für diese Bauten charakteristisch. Im Einzugsgebiet grösserer Städte bilden in Hanglagen zudem Terrassenhäuser – wie bereits seit den frühen 1960er Jahren – eine das Landschaftsbild mitprägende Wohnungsform.

### 1980er und 1990er Jahre

In den 1980er und 1990er Jahren gewinnt eine grosse Formenvielfalt nicht nur im Wohnungsbau zunehmend an Bedeutung.

Klare geometrische Grundformen wie Rechtecke, Kreise und Ellipsen, die sich nicht nur im Grundriss sondern oftmals auch volumetrisch durchdringen, bestimmen das äussere Erscheinungsbild der Baukörper. Die ausgeprägte Tendenz zu einer starken Individualisierung drückt sich auch im Bestreben aus, möglichst viele unterschiedliche Wohnungstypen in einem Gebäude zu vereinen. Neue Gebäudetypen werden entwickelt, in denen über innen liegende Treppenhäuser erschlossene Geschosswohnungen mit Laubengang- und Maisonettetypen kombiniert und übereinandergestapelt werden. Auch die Grundrisse der Wohnungen selbst werden sehr vielfältig, müssen sich aber manchmal – mit entsprechenden Konsequenzen bezüglich der Innenraumqualität – der übergeordneten geometrischen Grundform unterordnen.

Mit der zu Beginn der 1990er Jahre einsetzenden Immobilienkrise geht schliesslich eine Rückbesinnung auf einfachere Gebäude- und Bauformen einher: Vorfabrizierte (Fassaden-)elemente, reduzierte Innenausbauten oder sogenannt ‚edle Rohbauten‘ sind unter anderem Ausdruck dieser Zeit.



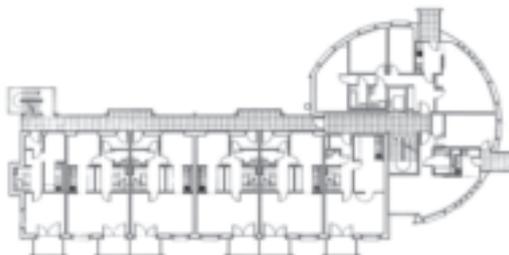
*Terrassenhäuser im «Pfaffenziel»  
Untersiggenthal AG, 1962/1963  
Architekt: Robert Frei*

23



*Wohnsiedlung Unteraffoltern II  
Affoltern, Zürich, 1969/1970  
Architekt: Georges P. Dubois*

24



25



*Wohnhaus für die Stadt Lausanne  
Lausanne, 1985  
Architekten: Guy Collomb, Marc Collomb, Patrick Vogel*

26



27

*Manessehof*  
*Alt-Wiedikon/Sihlfeld, Zürich, 1984*  
*Architekten: ARCOOP Ueli Marbach und Arthur Rüegg*



28

*Siedlung Rütihof*  
*Höngg, Zürich, 1996/1997*  
*Architekten: Metron AG*

## Fazit

Wie aus dem Überblick zur Entwicklung des Wohnungsbaus erkennbar wird, ist die Anzahl unterschiedlicher Gebäude- und Wohnungstypen, die in der Schweiz in den letzten rund 100 Jahren entstanden sind, beeindruckend gross. Trotz der immensen Vielfalt ihrer architektonischen Ausformulierung haben viele dieser Wohnsiedlungen und -häuser jedoch eines gemein: Raumkonzepte, Bauweise und Materialität sind oftmals direkter Ausdruck klar definierter Werte ihrer Entstehungszeit, spielen eng zusammen und tragen in der Sorgfältigkeit ihrer Umsetzung wesentlich sowohl zur Wohnqualität für die einzelnen Bewohnerinnen und Bewohner als auch zur Identität eines Ortes bei. Deshalb sollte es bei anstehenden baulichen Eingriffen ‚[...] nicht einfach darum gehen, ein ‚Rezept‘ zu erarbeiten: vielmehr gilt es, die historischen und materiellen Besonderheiten eines jeden Projektes zu identifizieren und das Vorgehen entsprechend anzupassen.<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Christian Bischoff, «Eine beeindruckende Leistung» (Im Gespräch mit Giulia Marino und Franz Graf über das von ihnen am Laboratoire des techniques et de la sauvegarde de l'architecture moderne (TSAM) der EPF Lausanne für die Cité de Lignon erarbeitete Fassadensanierungskonzept), in: Heimatschutz Patrimoine, Zürich: Schweizer Heimatschutz/Patrimoine suisse, Heft 2/2013, S. 15

# Lösungsstrategien

## Thesen zu Raum und Luft

Während bei Neubauten Konzepte für die Lüfterneuerung von Anfang an in den Entwurfsprozess einbezogen und sowohl strukturell als auch bei der Materialwahl von elementarer Bedeutung sein können, erschweren bei einer Gebäudeerneuerung die bestehenden baulichen und räumlichen Voraussetzungen die Integrierbarkeit additiver Elemente. Entscheidungshilfen für alternative Lüftungskonzepte fehlen beinahe komplett, und die bekannten Systeme für einen kontrollierten Luftwechsel stehen oftmals in Konflikt mit baukulturell erhaltenswerter Substanz.

Erst im Nachhinein vorgenommene, rein energetisch motivierte Eingriffe verändern Raumausdruck und Raumstimmung oftmals stark. Hier setzen die erarbeiteten Lösungsstrategien an, indem der Zusammenhang und die Verträglichkeit von Raumstruktur und Infrastruktur in Bezug auf die Lüftung bei der Sanierung von Wohnbauten untersucht werden.

Dazu zwei Thesen:

- Vorerst unabhängig von spezifischen Systemen lassen sich bezüglich der Überlagerung von Raumstruktur und Infrastruktur grundlegende Prinzipien definieren, die eine Aussage darüber machen, wo und wie an einem bestehenden Gebäude angesetzt werden kann, wenn es darum geht, geeignete Lösungen für die Lüfterneuerung zu finden. Bei der Auslotung des Spielraums, den der jeweilige Lösungsansatz bietet, spielt eine klare übergeordnete Zielsetzung eine ebenso wichtige Rolle wie auch die sorgfältige Analyse des spezifischen Ortes. Der städtebauliche Kontext, äussere Einflüsse wie Lärm- oder Geruchsimmissionen sowie das Gebäude selbst geben darüber Auskunft, was mit welchen Mitteln erreicht werden kann. Beim Gebäude selbst kommen nicht nur der Allgemeinzustand und der baukünstlerische oder baukulturelle Wert zum Tragen, sondern ebenfalls die innere Struktur und die Gebäudehülle.

- Es ist sinnvoll, für die Gewährleistung einer kontrollierten und konstanten Lüfterneuerung in Gebäuden mit zunehmend dichter Gebäudehülle nicht nur nach technischen Lösungen zu suchen, sondern durch ein tiefer gehendes Verständnis für die grundsätzlich möglichen Prinzipien der Lufterschliessung, Luftbehandlung und Luftverteilung auch alternative Lösungsansätze zu erarbeiten, die mit möglichst wenig oder gar ohne zusätzlichen Energieaufwand auskommen.

## Betrachtungsebenen

Bei der Suche nach adäquaten Lüftungslösungen für bestehende Wohngebäude haben sich folgende vier Betrachtungsebenen als relevant erwiesen:

Kontext | Gebäude | Wohnung | Bauteil

# Ebene 1: Kontext und Zielsetzungen

Auf der ersten Ebene werden grundsätzliche Fragen zu (natürlichen und mechanischen) Lüftungskonzepten im Zusammenhang mit äusseren Rahmenbedingungen untersucht. D. h. es geht sowohl um die Analyse und Bewertung des gross- und kleinräumlichen Kontextes als auch um die Frage nach einer übergeordneten mittel- und langfristigen Strategie für ein Gebäude oder eine Siedlung. Dabei gilt es zunächst folgende Fragen zu klären:

## Notwendigkeit oder Dringlichkeit einer mechanischen Lüftungslösung

Verlangt die Stärke äusserer Immissionen wie Lärm, Schadstoffe und Gerüche aktive Massnahmen, wie den Einbau einer mechanischen Lüftungsanlage, um ein gutes Innenraumklima zu erreichen?<sup>8</sup> Wenn ja, ist dieser Bedarf auf alle Gebäude und Wohnungen einer Siedlung gleichermassen übertragbar oder lassen sich Teilbereiche ausscheiden oder benennen, für welche keine Erfordernis besteht?

Für eine erste Beurteilung der lokalen Immissions-situation kann einerseits von den grossräumigen Standorttypen ausgegangen werden, wie sie das Nationale Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe NABEL des Bundesamtes für Umwelt BAFU definiert hat:



29

Lokale Immissionssituationen gem. Nationalem Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe NABEL des Bundesamtes für Umwelt BAFU

<sup>8</sup> Die zulässigen Grenzwerte für Aussenlärm im Wohnungsbau sind in der Lärmschutzverordnung des Bundes LSV sowie in der Norm SIA 181 verbindlich geregelt. Die SIA 382/1 enthält ausserdem Anforderungen an Aussenluftfassungen und Fortluftöffnungen. vgl. Norm SIA 181 «Schallschutz im Hochbau» und Norm SIA 382/1 «Lüftungs- und Klimaanlageanlagen - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen»

<sup>9</sup> vgl. Jörg Selg, Schlussbericht «Beurteilungsgrundlagen Lüftung, Befeuchtung und Kühlung (B-LBK)», Stadt Zürich: AHB, November 2010, S. 12

<sup>10</sup> vgl. Faltblatt: Wohnsiedlung Riedtli, Wohnungsrenewierungen und Umfeld, 2003 bis 2008 (Bezugsquelle: Stadt Zürich, Amt für Hochbauten)

## Zeitliche und ökonomische Ausrichtung eines Objektes / Angemessenheit

Auf welche weitere Lebensdauer ist ein Objekt ausgelegt? Sieht die Gesamtstrategie der Eigentümerschaft einen mittel- und langfristigen Erhalt eines Wohnhauses oder einer Siedlung – evtl. sogar mit umfangreichen baulichen Eingriffen, wie beispielsweise Wohnungszusammenlegungen – vor, sodass sich ein grösserer Spielraum auch für strukturelle Veränderungen eröffnet? Oder wird im Laufe der nächsten rund 10 Jahre ein Ersatzneubau in Betracht gezogen, sodass grössere Investitionen möglicherweise nicht mehr angebracht sind? Wie sehen die Lebenszyklen der Bauelemente aus, welche Sanierungsschritte sind in welcher Reihenfolge und mit welchen Massnahmen sinnvoll durchführbar und kombinierbar? Wie soll ein Objekt künftig auf dem Wohnungsmarkt positioniert werden?

## Architektonischer und baukultureller Wert / Identifikation

Gibt es übergeordnete gestalterische Kriterien, z. B. Auflagen des Denkmalschutzes, (innen-)räumliche Qualitäten oder wertvolle innere und äussere Oberflächen, die für den integralen Erhalt der vorhandenen Bausubstanz ohne substantielle Veränderungen sprechen? Verliert ein Objekt im Falle grösserer baulicher Eingriffe an (Wohn-)qualität und/oder baukulturellem Wert? Oder besteht umgekehrt die Chance, durch gezielte, in Teilbereichen vielleicht auch tiefer greifende Veränderungen, ein Gebäude sowohl architektonisch als auch hinsichtlich der Nutzbarkeit und (Wohn-)qualität für die Bewohnerschaft aufzuwerten? (gesellschaftliche Dimension der Nachhaltigkeit)

## Angestrebter Komfort und Nutzerverhalten

Welcher Komfort – insbesondere im Hinblick auf die Luftqualität – soll im Innenraum mit welchen Mitteln erreicht werden; soll nach nutzerunabhängigen Lösungen gesucht und den Bewohnerinnen und Bewohnern ein grösst möglicher Handlungsspielraum überlassen werden? Kann davon ausgegangen werden, dass die Bewohnerschaft die Regeln der Stosslüftung kennt und diese entsprechend anwendet?

## Angestrebter Energiestandard und Gesamtenergiebilanz

Sollen ein bestimmter Standard, respektive ein Label, angestrebt werden, die eine kontrollierte Lüftung zwingend vorschreiben? Welchen Stellenwert besitzt die Gesamtenergiebilanz, z. B. nach SIA-Effizienzpfad Energie<sup>11</sup>, welche insbesondere die graue Energie (z. B. für die Herstellung und den Einbau von Lüftungskomponenten sowie für die damit verbundenen baulichen Anpassungen) wie auch die für den Betrieb der Anlagen notwendige Energie miteinbezieht?

Durch die Beantwortung der obenstehenden Fragen und einer auf den Einzelfall abgestimmten Gewichtung der einzelnen Aspekte lassen sich die primären Ziele eines Sanierungsvorhaben klären und übergeordnete Kriterien definieren, die im Verlauf des weiteren Entscheidungsprozesses stets im Auge behalten werden sollten.

<sup>11</sup> Der SIA Effizienzpfad Energie (SIA Merkblatt 2040) zeigt in einer umfassenden Betrachtungsweise den Weg zum Bauen im Sinne der 2000-Watt-Gesellschaft auf. Berücksichtigt werden neben der Betriebsenergie auch die Faktoren Graue Energie und Mobilität. Der SIA Effizienzpfad Energie baut auf den Grundlagen der Merkblätter SIA 2032 «Graue Energie von Gebäuden» und SIA 2039 «Mobilität – Energiebedarf in Abhängigkeit vom Gebäudestandort» auf und setzt für die drei Gebäudekategorien Wohnen, Büros und Schulen Zielwerte und zwar für Neubauten wie auch für Umbauten und Sanierungen. Die beiden Bereiche Graue Energie und Mobilität stehen erstmals ebenbürtig neben der Betriebsenergie.



# Ebene 2: Gebäude

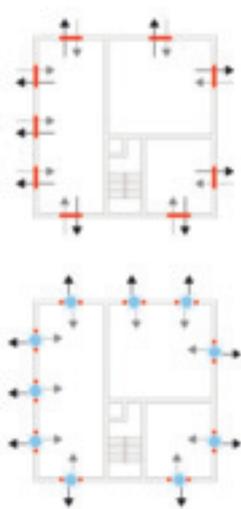
Auf der zweiten Ebene soll untersucht werden, wo am Gebäude – entweder an der Hülle oder im Kern – sich im Einzelfall der grössere Spielraum für einen baulichen Eingriff oder die Integration einzelner Bausteine eines Lüftungssystems bietet; primär sollen demnach sinnvolle Orte für die Platzierung von Lüftungskomponenten gefunden und die dazu notwendigen Erschliessungskonzepte geklärt werden. Dabei wird einerseits der Gebäudetyp eine wichtige Rolle spielen, andererseits können gleichzeitig geplante, andere bauliche Massnahmen an der einen oder anderen Stelle neue Spielräume eröffnen.

## Zusammenhang Gebäudetyp / Lüftungskonzept

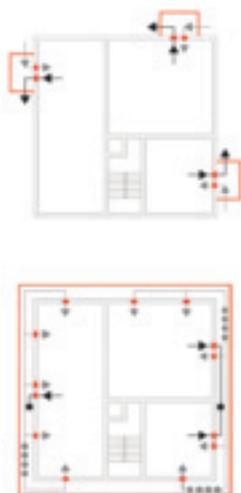
Für eine einfachere Beantwortung dieser Fragen wurden unabhängig vom Einzelobjekt vier mögliche Grundprinzipien für die Überlagerung von Infrastruktur und Raumstruktur in Bezug auf den Aspekt der Luft erarbeitet, die mit unterschiedlichen Eingriffstiefen an unterschiedlichen Stellen im Gebäude ansetzen. Jedem dieser vier Grundprinzipien lassen sich bekannte Lösungsansätze zuordnen, die vom einfachen ‚Fenster öffnen‘ und alt bewährten, natürlichen Prinzipien der Luftdurchströmung eines Hauses bis hin zu technisch hochentwickelten Systemen reichen, die auf eine komplett nutzerunabhängige Gewährleistung des Luftwechsels und Feuchtigkeitsausgleiches abzielen. Auf den folgenden Seiten werden die vier Grundprinzipien anhand ausgewählter Fallbeispiele dokumentiert und erläutert sowie Spielräume und Innovationspotenzial der einzelnen Ansätze diskutiert.

- Abluft/Fortluft
- Aussenluft/Zuluft
- neu
- Lüftungsgerät

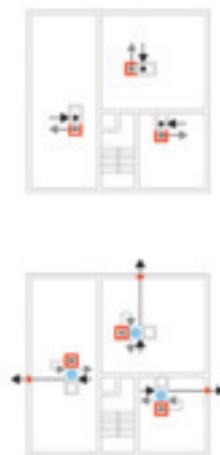
Hülle / Perforation



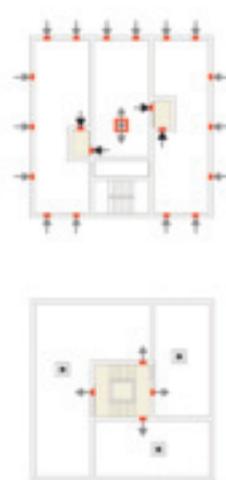
Hülle / Addition



Kern / Addition



Kern / räumliche Elemente

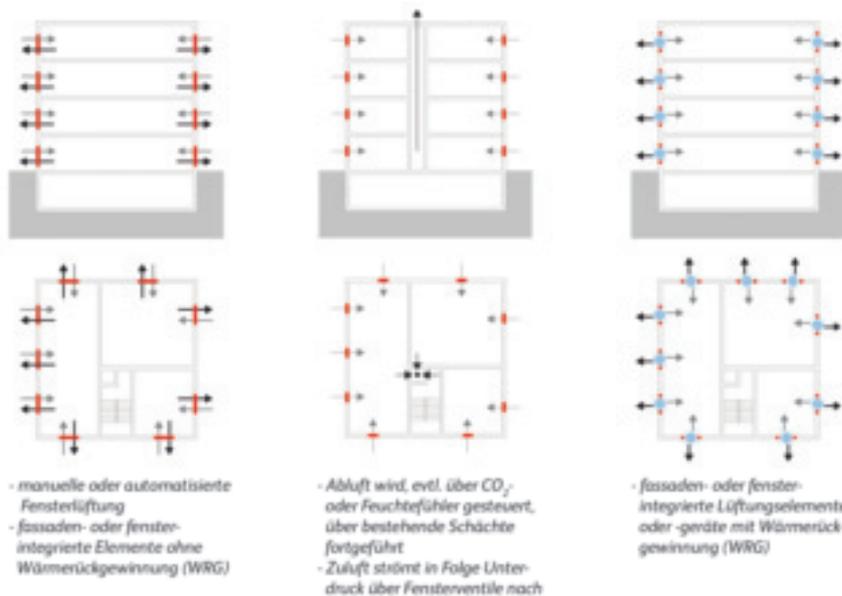


4 Grundprinzipien für die Überlagerung von Raum- und Infrastruktur bezogen auf Luft

## Prinzip 1: Hülle / Perforation

Kurzbeschreibung des Prinzips

Die Lösungsmöglichkeiten, die sich diesem Prinzip zuordnen lassen, reichen von ganz einfachen Ansätzen wie der manuellen oder automatisierten Fensterlüftung bis hin zu fassaden- oder fensterintegrierten Lüftungselementen mit oder ohne Wärmerückgewinnung. Die Grundidee des Prinzips besteht darin, die Gebäudehülle an ausgewählten Stellen entweder temporär oder dauerhaft zu perforieren, um Luft zu- bzw. fortzuführen.



Hülle / Perforation  
Typ 1-3

Da die Aussenluftfassung, eine allfällige Luftaufbereitung und die Luftabgabe räumlich nahezu zusammenfallen, d. h. alles im Bereich der Aussenwand und/oder Fenster geschieht, sind im Gebäudeinneren keine grösseren baulichen Eingriffe, wie der Einbau von Schächten oder Kanälen, erforderlich. Auch die Fassung der Abluft und die Wegführung der Fortluft geschehen bei diesen Systemen in der Regel direkt im Fassadenbereich. Denkbar sind ebenfalls kombinierte Lösungen, bei denen die Abluft über bestehende Anlagen – z. B. in innen liegenden (Sanitär-) räumen – abgeführt wird und die Zuluft beispielsweise über sogenannte Fensterventile nachströmt, die sich bei neuen Fenstern in und bei bestehenden Fenstern direkt auf die Fensterrahmen montieren lassen.

Voraussetzungen und Kriterien für die Anwendung dieses Prinzips:

- gezielte Eingriffe an der Fassade entweder im Wand- und/oder Fensterbereich denkbar
- im Inneren keine oder nur geringe strukturelle oder räumliche Veränderungen möglich oder gewünscht
- guter Ansatz bei engen Innenraumverhältnissen und knappen Raumhöhen
- guter Ansatz für hohe Gebäude, da keine Erschliessungs- und Verteilschächte notwendig sind

- guter Ansatz für inventarisierte und denkmalgeschützte Bauten und Räume, da je nach gewähltem System keine oder nur minimalste Eingriffe notwendig werden
- fensterintegrierte Lösungen bei gleichzeitig geplantem Fensterersatz und genügend grossen Fensterflächen sinnvoll; Erscheinungsbild der fensterintegrierten Elemente individuell gestaltbar
- Massnahmen evtl. nur in Teilbereichen (z. B. an einer besonders belasteten Gebäudeseite) gewünscht
- individuelle Steuerbarkeit durch Bewohnerschaft erwünscht

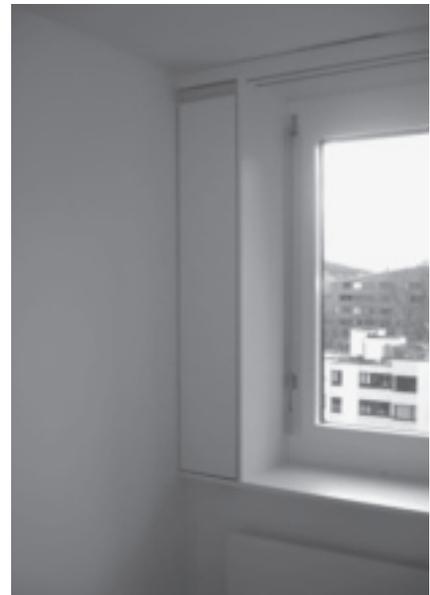
Schwierigkeiten und Nachteile des Prinzips:

- alle automatisierten Varianten müssen einzeln elektrisch erschlossen werden
- viele Einzelgeräte ergeben relativ hohen Wartungsaufwand (zwei Filter pro Gerät)
- Fassadenbild wird allenfalls innen und/oder aussen mehr oder weniger stark verändert
- für alle Varianten ohne Luftaufbereitung ist eine gute Aussenluftqualität notwendig
- alle nicht automatisierten Varianten stützen auf eigenverantwortliches Handeln der Nutzenden ab

Für detailliertere Informationen zu entsprechenden Bauteilen und Gestaltungsmöglichkeiten siehe auch Ebene 4, Bauteilkatalog, Seite 28ff.

Spielraum und Ausblick (Innovationspotenzial)

- Weiterentwicklung natürlicher Systeme, die diesem Grundprinzip folgen; beispielsweise durch gezielte Perforation der Gebäudehülle mit Elementen, die mit einer Art low-tec Wärmetauscher ausgestattet sind und über Druckdifferenzen, d.h. als sogenannter ‚Schwerkraftwärmetauscher‘, funktionieren.<sup>12</sup>



32, 33,  
34

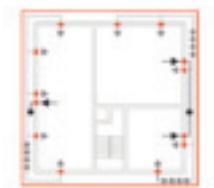
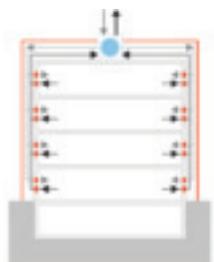
Realisiertes Beispiel Prinzip 1: 2000 Watt-Sanierung Hochhaus Sihlweid, Zürich  
Fensterintegrierte Lüftungselemente mit Wärmerückgewinnung (WRG)

<sup>12</sup> Im Rahmen einer Diplomarbeit mit dem Titel ‚Raumlunge‘ wurde im Schuljahr 2000/2001 an der Hochschule Luzern, Technik & Architektur, unter der Leitung von Prof. Dipl. Ing. FH Paul Hugentobler, das Prinzip eines Schwerkraftwärmetauschers untersucht und zu einem Prototypen weiterentwickelt. Das erarbeitete Element «positioniert sich zwischen der manuellen Fensterlüftung und der kontrollierten Wohnungslüftung und kann als eigenständiges, hygienisch und baubiologisch einwandfreies Raumlüftungssystem bezeichnet werden. Es erzeugt einen kontinuierlichen Luftaustausch aufgrund der natürlichen Strömungsgesetze mit Wärmerückgewinnung ohne Fremdenergie. Als Antriebskraft werden die statische Höhe zwischen Ein- und Austritt der Luft sowie die thermische Konvektion genutzt. Die Zuführung der Frischluft und Abführung der verbrauchten Raumluft erfolgt in zwei getrennten Kanälen, die in einem Gerät integriert sind, welches in der Fassade eingebaut werden kann. Zwischen den beiden Kanälen sind durchgehende Wärmetauschflächen integriert, die den Transport eines Teiles der in der Abluft enthaltenen Energie an die Frischluft ermöglichen. (...) An der Fassade sind die Luftein- und Luftauslassschlitze, welche mit einem Insektenschutzgitter versehen sind, sichtbar; raumseitig können die Lüftungsschlitze mit einer Klappe verschlossen werden». (Zitiert aus: Produktbeschreibung Stäger + Nägeli AG, Fenster + Fassadentechnik, Zürich; Oktober 2004)

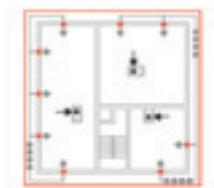
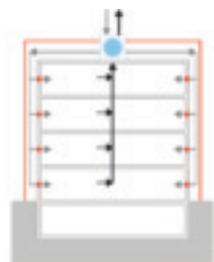
## Prinzip 2: Hülle / Addition

Kurzbeschreibung des Prinzips

Die Grundidee dieses Prinzips besteht darin, die für eine Lüftung notwendigen (Erschliessungs-)elemente in Kombination mit anderen, evtl. bereits geplanten Massnahmen, an der Gebäudehülle zu addieren: diese wird demnach mit luftführenden Elementen oder einer, respektive mehreren, luftführenden Schichten ergänzt, die von wenigen Zentimetern bis zu begeh- und nutzbaren Räumen reichen können. Zu den Lösungsmöglichkeiten, die sich diesem Prinzip zuordnen lassen, können einerseits bekannte Systeme gezählt werden – wie zentral im UG



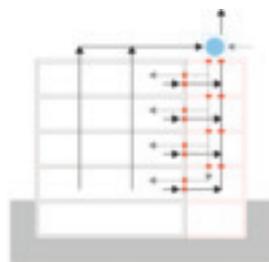
- zentrales Lüftungsgerät (z.B. auf dem Dach) mit Zu- und Abluftkanälen in der Gebäudehüllenschicht



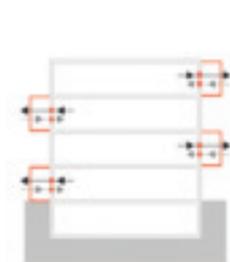
- zentrales Lüftungsgerät mit Zufluttkanälen in der Gebäudehüllenschicht  
- Abluft über bestehende innenliegende Schächte

Voraussetzungen und Kriterien für die Anwendung dieses Prinzips:

- Gesamtsanierung der Gebäudehülle beabsichtigt oder grössere Eingriffe an der Fassade möglich
- im Inneren keine oder nur geringe strukturelle oder räumliche Veränderungen möglich oder gewünscht
- geeigneter Ansatz bei engen Innenraumverhältnissen und knappen Raumhöhen
- geeigneter Ansatz für hohe Gebäude, da Platz konsumierende innere Erschliessungs- und Verteilschächte nicht zwingend notwendig sind



- zentrales Lüftungsgerät mit Zufluttkanälen in Anbau (z.B. in Kombination mit Lift oder Wohnraumerweiterung)  
- Abluftkanäle zum Teil in Anbau, zum Teil in Bestand



- Addition Fassadenelement, über das Aussen- und Fortluft geführt werden kann

35

Hülle / Addition

Typ 1-4

oder im/auf dem Dach platzierte Lüftungsanlagen – die in der Gebäudehülle oder in geplanten Anbauten über Kanäle erschlossen werden. Andererseits existieren auch weniger etablierte Denkansätze, bei denen mit Zwischenklimazonen, wie Kastenfenstern oder Wintergärten mit Öffnungen gegen innen und aussen, gearbeitet wird; die Luftströmung erfolgt hier mit Hilfe von Ventilatoren oder aufgrund (natürlicher) Druckdifferenzen. Analog zu den Ausführungen in Prinzip 1 (Hülle / Perforation), sind auch in Prinzip 2 (Hülle / Addition) Kombinationen mit vorhandenen Anlagen oder Anlageteilen denkbar.

- gut mit Wärmedämmmassnahmen an der Gebäudehülle kombinierbar
- gut mit Anbauten z. B. für neue Lifтанlagen oder Wohnraumerweiterungen kombinierbar
- in Kombination mit Lärmschutzmassnahmen und/oder Umnutzung von Balkonen zu Wintergärten oder schliessbaren Loggien denkbar
- Massnahmen evtl. nur in Teilbereichen (z. B. an einer besonders belasteten Gebäudeseite) gewünscht

Schwierigkeiten und Nachteile des Prinzips:

- grosse Eingriffstiefe an der Gebäudehülle mit entsprechender Auswirkung auf die äussere Gestalt
- meist hohe Investitionskosten
- Bewilligungsfähigkeit der Fassadenaufbauten nicht immer gegeben (Grenz- und Gebäudeabstände müssen eingehalten werden)
- bei Varianten mit zentralen Lüftungsanlagen: grosse Abwicklung von Kanälen notwendig; Anteil grauer Energie in Gesamtenergiebilanz hoch; bei Kanalführung in Aussendämmschicht oftmals mit partieller Schwächung der Wärmedämmung verbunden; hohe Präzision bei der Ausführung notwendig; je nach Auslegung der Kanäle Geruchsübertragungen möglich
- alle zentralen Anlagen von Bewohnerschaft nicht oder nur bedingt individuell steuerbar

Für detailliertere Informationen zu entsprechenden Bauteilen und Gestaltungsmöglichkeiten siehe auch Ebene 4, Bauteilkatalog, Seite 28ff.



Spielraum und Ausblick (Innovationspotenzial):

- Entwicklung (teil-)mechanisierter Lösungen für Kastenfenster oder andere Pufferzonen – wie bestehende Balkone oder neue Balkonanbauten – in denen sich die Aussenluft erwärmen bzw. abkühlen kann; evtl. mit Lärmschutzmassnahmen kombinierbar<sup>13/14</sup>
- Entwicklung von Fassadenaufbauten mit schichtartigen Überlagerungen von Wandelementen, die Überströmung und Wärme(rück-)gewinnung verbinden
- Entwicklung von Wandaufbauten, die nicht nur dampfdiffusionsoffen, sondern gewissermassen ‚atmungsaktiv‘ sind und gleichzeitig einen hohen Wärmedämmwert aufweisen; evtl. mit Perforationsprinzip kombinierbar
- Platzierung von Einzelwohnungsgeräten; z.B. im Bereich von Schränken oder anderen Einbauten in Wintergärten oder Loggien (mit entsprechender Verkürzung der Aussen- und Fortluftwege)



Realisiertes Beispiel Prinzip 2: Erneuerung Wohnsiedlung Heumatt, Zürich  
Zentrale Lüftungsanlage mit in der Fassadendämmung eingelegten Lüftungskanälen

<sup>13</sup> Beispiel: Quartiersanierung Amberg (D), Architekt Walter Unterrainer (A); Zuluft über neue Kastenfenster / für die Abluft wird der nicht mehr benötigte Zentralkamin zu einem Abluftschacht umgenutzt

<sup>14</sup> Ein weiterer Denkansatz liegt in der Möglichkeit mit Systemen für den Luftwechsel zu arbeiten, die in Kombination mit thermischen Pufferzonen funktionieren, wie diese beispielsweise Pierre Robert Sabady in den späten 70er-Jahren für sein Biosolarhaus in Hälgi bei Luzern entwickelt hat. Dort werden im Schnitt verschiedene solcher Pufferzonen ausgewiesen, wobei er zwischen aussen- und innenliegenden unterscheidet. Zu den inneren zählt er das Treppenhaus, die Korridore, den Keller und Dachstock; zu den äusseren den Wintergarten, Garage und Hobbyraum. Löst man den Gedanken dieser thermischen Pufferzonen aus dem ursprünglichen Kontext der reinen Minimierung des Wärmebedarfs heraus und betrachtet sie als räumliche Elemente, die auch als Depots für Frischluft verstanden werden können, so könnte sich hier ein Spielraum eröffnen, in welchem die vorerst unbehandelte Aussenluft auf eine Temperatur gebracht werden kann, die sich für eine Weiterverteilung in bewohnte Räume eignet. (vgl. Christoph Wieser, «Einfach komplex», in: Christian Hönger, Roman Brunner, Urs-Peter Menti, Christoph Wieser, *Das Klima als Entwurfsmittel*, Luzern: Quart Verlag, 2009, S. 35)

### Prinzip 3: Kern / Addition

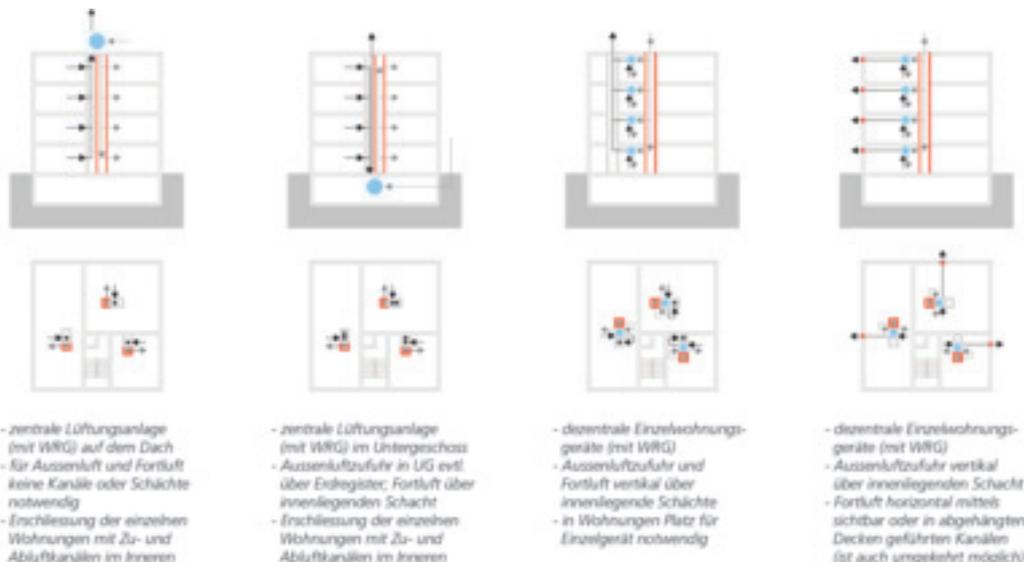
Kurzbeschreibung des Prinzips

Bei Prinzip 3 kann die Gebäudehülle – wenn an dieser keine weiteren Massnahmen geplant sind – praktisch unverändert bestehen bleiben. Die für ein angenehmes Raumklima erforderliche Luft wird hierbei im Gebäudeinneren mehr oder weniger gebündelt den einzelnen Wohnungen zugeführt und von dort aus auch wieder abgesogen; dafür können bestehende und/oder neue, innenliegende Schächte genutzt werden.

Lösungsansätze, die sich dem dritten Prinzip zuordnen lassen, sind einerseits zentrale Lüftungsanlagen mit kanalgeführter Zu- und Abluft im Gebäudeinneren (von den einzelnen Wohnungen zu- und wegführend), mit einer Platzierung des Lüftungsgerätes entweder auf dem Dach, im Dachgeschoss oder im Untergeschoss. Andererseits können auch alle Lösungsansätze mit dezentralen Einzelwohnungsgeräten mit kanalgeführter Aussenluftzufuhr sowie Ab- und Fortluft zu diesem Prinzip gezählt werden. In allen erwähnten Fällen erfolgt die Luftverteilung innerhalb der Wohnungen entweder kanalgeführt oder offen; in letzterem Fall entweder mit (aktiven) Überströmern oder auch komplett frei (siehe auch Ebene 3, Wohnung, Seiten 26 und 27).

Voraussetzungen und Kriterien für Anwendung dieses Prinzips:

- keine oder nur minimale Eingriffe an der Gebäudehülle geplant oder denkbar
- evtl. bestehende Abluftschächte oder Schachtreserven vorhanden, die genutzt werden können
- neue Steigzonen innerhalb der Wohnungen oder gebündelt im Treppenhaus möglich; für die Platzierung neuer, durchgehender Schächte sind gleichartige, übereinanderliegende Wohnungen von Vorteil
- gut mit anderen Massnahmen wie Sanierung Küche / Bad oder Strangerneuerungen kombinierbar
- geeigneter Ansatz bei Wohnungszusammenlegungen oder umfangreicheren, geplanten Grundrissänderungen, in deren Rahmen die Schächte neu organisiert werden können
- genügend Raum für die Platzierung der Lüftungsgerät(e) vorhanden oder herstellbar
- hohe Schalldämmung gegen Aussenlärm gewünscht
- in hohem Masse Filterung der Luft (Schadstoffe, Gerüche, Pollen etc.) gewünscht



38

Kern / Addition  
Typ 1-4

Schwierigkeiten und Nachteile des Prinzips:

- umfangreiche Eingriffe im Inneren erforderlich; relativ grosser Platzbedarf für Steigzonen und Platzierung der Geräte; meist mit Verkleinerung der nutzbaren Wohnfläche verbunden
- hohe Investitionskosten
- Anteil grauer Energie in Gesamtenergiebilanz hoch; es wird empfohlen, das ausgewogene Verhältnis von grauer Energie und Betriebsenergie der Anlagen zur Energieeinsparung aufgrund des geringeren Wärmeverlustes für den Einzelfall zu überprüfen
- zentrale Anlagen: von Bewohnerschaft nicht oder nur bedingt individuell steuerbar; je nach Auslegung der Kanäle Geruchsübertragungen möglich
- dezentrale Anlagen: relativ hoher Wartungsaufwand; Anlagengeräusche im Aufstellungsraum hörbar

Für detailliertere Informationen zu entsprechenden Bauteilen und Gestaltungsmöglichkeiten siehe auch Ebene 4, Bauteilkatalog, Seite 28ff.



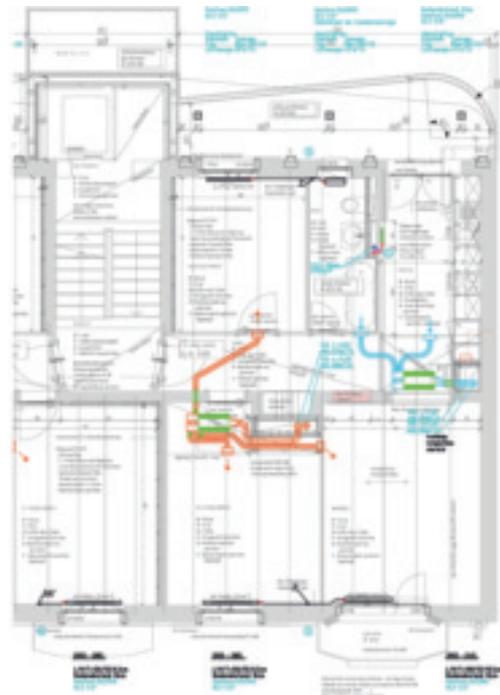
39

Realisiertes Beispiel Prinzip 3: Erneuerung Wohnsiedlung Himmelrich, Luzern  
Zentrale Lüftungsanlage im Untergeschoss, neue Erschliessungsschächte an Stelle Einbauschränk

<sup>15</sup> Zur Funktionsweise nicht kanalgeführter Luftverteilsysteme siehe auch Ebene 3 Wohnung, Absatz «Zuluft und Abluft zentral im Wohnungsinneren», S. 26

Anmerkungen, Spielraum und Ausblick (Innovationspotenzial):

- bei sehr hohen Gebäuden ist die Platzierung eines oder mehrerer zentraler Geräte – z. B. in Gebäudemitte oder einmal auf dem Dach, einmal im Keller und einmal in Gebäudemitte – evtl. prüfungswert, da somit die Querschnitte der Lüftungskanäle reduziert werden können
- für Terrassenhäuser bieten sich neben den dem Prinzip 1 zugeordneten, fassaden- und fensterintegrierten Systemen auch Einzelwohnungsgeräte als Lösungsansatz an, da diese dezentral erschlossen werden
- eine technische Weiterentwicklung und gestalterische Verbesserung nicht kanalgeführter Verteilsysteme auf Wohnungsebene, z. B. mit (aktiven) Überströmern, ist wünschenswert, da damit innerhalb der Wohneinheiten die Lüftungskanäle reduziert und Platz gespart werden kann<sup>15</sup>



40

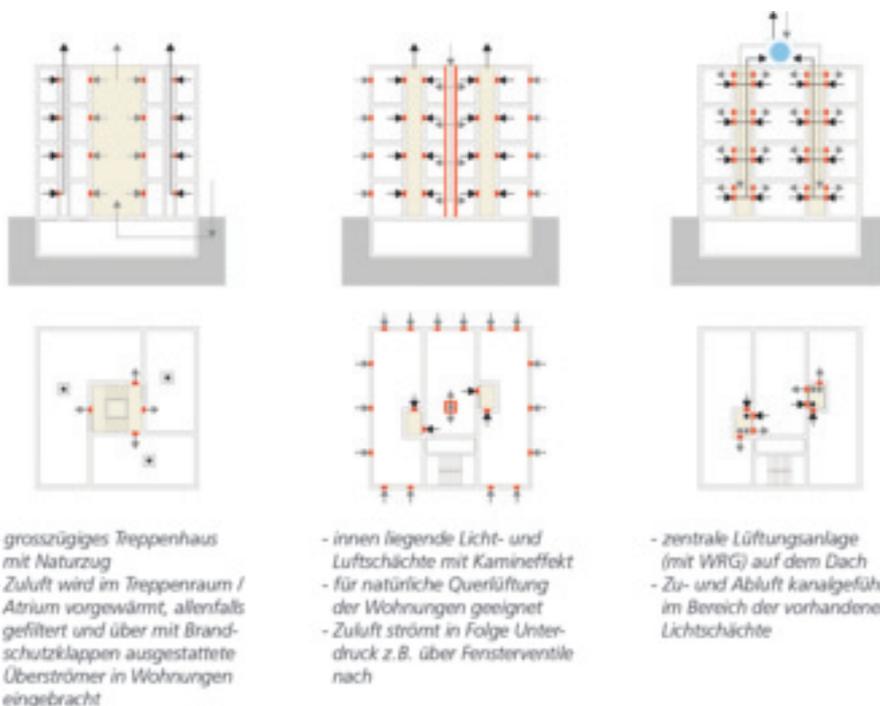
## Prinzip 4: Kern / räumliche Elemente

### Kurzbeschreibung des Prinzips

Die Grundidee des vierten Prinzips besteht darin, bestehende oder neu einzuführende räumliche Elemente – wie Treppenhäuser, Atrien, innen liegende Licht- und Luftschächte – für die Luftführung, Luftspeicherung und Luftverteilung zu nutzen. Zu den Lösungsansätzen, die sich diesem Prinzip zuordnen lassen, können unter anderem (innen liegende) Licht- und Luftschächte mit Kamineffekt oder die Nutzung des Naturzugs in grosszügigen Treppenhäusern gezählt werden. Innen liegende Zwischenklimazonen wie Treppenhäuser oder Atrien eignen sich für die Speicherung von Feuchtigkeit oder für die Luftreinigung, z. B. mit Hilfe von hygrophilen Materialien oder Pflanzen. Bestehende (innen liegende) Licht- und Luftschächte können für eine sanfte, natürliche Querlüftung von Wohnungen gebraucht oder zu eigentlichen Steigzonen für Lüftungskanäle umgenutzt werden.

Voraussetzungen und Kriterien für Anwendung dieses Prinzips:

- Aussenfassaden sollen möglichst unverändert erhalten bleiben
- räumliche Voraussetzungen sind vorhanden oder herstellbar; feuerpolizeiliche Anforderungen sollten bei der Nutzung von Lichtschächten oder Treppenhäusern als luftführende Zonen mit angemessenem Aufwand erfüllbar sein (muss im Einzelfall überprüft werden)
- Licht- und Luftschächte im Bereich der Wohnungen sind auch bei grossen Gebäude- und Wohnungstiefen für natürliche Querlüftung geeignet
- wenn eine klassische zentrale Lüftungsanlage mit Luftfilterung und WRG gewünscht wird und in den Wohnungen kein Platz für (neue) Steigzonen vorhanden ist, kann die Umnutzung von (innen liegenden) Licht- und Luftschächten zu eigentlichen Steigzonen eine geeignete Alternative sein



41

Kern / räumliche Elemente

Typ 1-3



Schwierigkeiten und Nachteile des Prinzips:

- bei offener Luftführung in den Licht- und Luftschächten ist eine Geruchs- und Geräuschübertragung aus anderen Wohnungen praktisch unvermeidbar, resp. bedürfen diese einer besonderen Betrachtung und Ausgestaltung
- bei einer Nutzung des Treppenhauses als Luft führende Zone, sind Brandschutzklappen zu den einzelnen Wohnungen notwendig
- im Falle von Umbauvorhaben können auch für bestehende, bereits für eine Querlüftung genutzte Schächte zusätzliche Brandschutzauflagen gestellt werden (es wird empfohlen, dies frühzeitig für den Einzelfall abzuklären)

Anmerkungen, Spielraum und Ausblick  
(Innovationspotenzial):

- Konzepte zur Nutzung / Aktivierung von urbanen Zwischen- und Aussenräumen, wie z. B. Innenhöfen und deren günstiges Mikroklima (wenig Lärm, milde Temperaturen) für natürliche Zuluft u. U. in Kombination mit mechanischen Elementen
- Nutzung von Licht- und/oder Luftschächten als Raumzonen
- Räumliche Elemente, die auch Lüftungsfunktionen übernehmen, werden heute vor allem bei Neubauten von Büro- und Verwaltungsbauten, z.B. in Form von Atrien und überdeckten Innenhöfen geplant. Bei der Erneuerung von Wohnbauten sind diese Prinzipien nicht verbreitet, bieten jedoch ein Entwicklungspotenzial.

# Ebene 3: Wohnung

Während auf der Gebäudeebene vor allem die Bausteine ‚Luftquelle‘ und ‚Lufterschliessung‘ zum Tragen kommen, werden auf der Wohnungsebene insbesondere die Luftverteilsysteme relevant. Für das Wohlbefinden der Bewohnerinnen und Bewohner sind einerseits die Luftqualität und eine angemessene Luftmenge von Bedeutung, andererseits spielen die ausreichende Durchströmung aller Räume mit frischer Luft, keine oder nur geringe Zugserscheinungen sowie Anlagengeräusche, die sich innerhalb der zulässigen Grenzwerte bewegen, eine wesentliche Rolle.<sup>16</sup> Der Platzbedarf für Luftverteilerelemente und -kanäle innerhalb der Wohnungen ist wesentlich vom gewählten Lüftungskonzept oder -system abhängig.

## Zuluft und Abluft dezentral an der Gebäudehülle

Bei allen Lüftungslösungen, bei denen die Luft direkt an der Fassade in die (Wohn-)räume eingebracht und von dort auch wieder fortgeführt wird – mit denen also im Einzelraum für einen konstanten Luftwechsel gesorgt werden kann – sind für die Luftverteilung innerhalb der Wohnung in der Regel keine zusätzlichen Lüftungskanäle erforderlich (ausser evtl. für innenliegende Nebenräume). Das bedeutet, dass die bestehenden Raumproportionen – Raumgrösse und Raumhöhe – unverändert bestehen bleiben können und die Wohnungsgrundrissstruktur keine wesentliche Rolle spielt.

## Zuluft dezentral an der Gebäudehülle / Abluft zentral im Wohnungsinneren

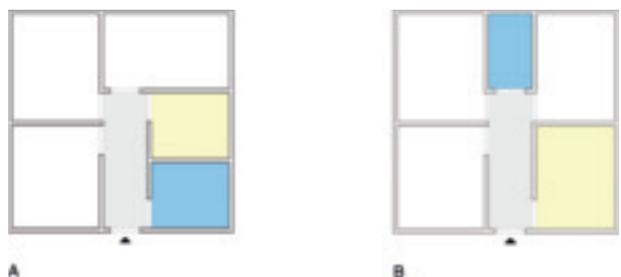
Auch für jene Fälle, bei denen die Luft an der Fassade dezentral in die einzelnen Räume eingebracht und an einer Stelle in der Wohnung zentral wieder abgesaugt und fortgeführt wird, kann davon ausgegangen werden, dass nicht zwingend Luftverteilsysteme oder -elemente einzubauen sind. Wie Erfahrungsberichte zeigen, funktioniert beispielsweise der Ansatz, dass mittels eines zeit- oder feuchtigkeitsgesteuerten Abluftventilators im WC/Bad einer Wohnung an einer Stelle Abluft entzogen

wird und aufgrund des dadurch entstandenen Unterdrucks aus den einzelnen Zimmern – z. B. über Fensterventile – Aussenluft nachströmt, in der Praxis sehr gut; insbesondere dann, wenn tagsüber die Zimmertüren offenstehen oder die Nachströmung über Luftschlitze unterhalb oder im Türblatt erfolgen kann.

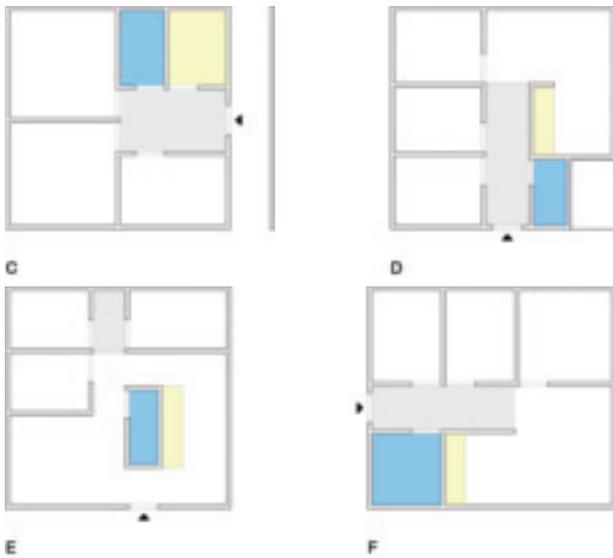
## Zuluft und Abluft zentral im Wohnungsinneren

Etwas anders als bei den zwei zuvor beschriebenen Fällen sieht es bei jenen Lüftungslösungen aus, bei denen die Luft mehr oder weniger zentral an einer Stelle in die Wohnung eingebracht und von dort auch wieder abgeführt wird. Hier spielen die einzelnen Wohnungsgrundrisstypen bzw. die unterschiedlichen Raumbeziehungen innerhalb der einzelnen Wohnung eine stärkere Rolle.

Während es bei Neubauten üblich ist, die Verteilkanäle zu den einzelnen Räumen in die Deckenkonstruktion einzulegen, zieht eine kanalgeführte Luftverteilung in bestehenden Bauten meist eine abgehängte Decke, zumindest in Teilbereichen, nach sich, oder aber die Kanäle werden sichtbar geführt. Bei ‚geschlossenen‘ Grundrissen, d. h. bei Wohnungstypen, die sich über in sich geschlossene Einzelräume charakterisieren lassen, die über eine innen liegende Diele oder einen zentralen Korridor erschlossen werden (Typ A, B, C), ist eine abgehängte Decke oftmals eher denkbar als bei ‚offenen‘ Grundrissen, d. h. bei Wohnungstypen, die sich durch offene Raumbeziehungen beispielsweise zwischen Küche, Essen, Wohnen (und) Erschliessungszone auszeichnen (Typ D, E, F).



<sup>16</sup> Die minimalen Luftwechselraten sowie die Grenzwerte für Geräusche etc. sind in der Norm SIA 181 «Schallschutz im Hochbau» und im Merkblatt SIA 2023 «Lüftung in Wohnbauten» festgehalten.



42, 43

A,B,C : ‚Geschlossene‘ Grundrisstypen mit klar definierten Zimmern und Erschliessungsräumen (Korridor / Diele)

D,E,F : ‚Offene‘ Grundrisstypen mit offenen Raumbeziehungen zwischen einzelnen oder mehreren Räumen und Erschliessungszonen

In diesen Fällen besteht allerdings wiederum die Möglichkeit, auf eine kanalgeführte Luftverteilung zu verzichten und mit sogenannten ‚offenen Luftverteilssystemen‘ zu arbeiten. Wie entsprechende Strömungssimulationen gezeigt haben, wird auch nicht kanalgeführte Luft mit der Zeit gleichmässig in Wohnräumen verteilt. Die natürlichen Strömungen im Raum, die durch eine dynamische Nutzung und durch statische Elemente wie Fenster, Heizsysteme und andere warme oder kalte Oberflächen erzeugt werden, führen ganz offensichtlich zu einer guten Durchmischung der

Raumluft, praktisch unabhängig davon, ob Luftdurchlässe strömungstechnisch mehr oder weniger optimal platziert werden. Das bedeutet, dass für die Lüftung von Wohnungen mit kombinierten Küchen- und Wohnbereichen (offenen Wohnküchen) zwar im Bereich der Küche zwingend ein Abluftdurchlass erforderlich ist, dass aber gleichzeitig im Wohnbereich auf den Einbau eines Zuluftdurchlasses verzichtet werden kann, wenn die Nachströmung andernorts in der Wohnung gewährleistet wird. Die umgewälzte Luftmenge kann durch die wegfallenden Zuluftdurchlässe tiefer gehalten werden; ein Faktor, der zum einen Betriebsenergie und – vor allem bei Instandsetzungen – auch Investitionskosten spart.<sup>17</sup> Solche ‚offenen‘ d.h. nicht kanalgeführten Luftverteilssysteme eignen sich auch für ‚geschlossene‘ Grundrisse, insbesondere bei kleineren Wohnungen mit niedriger Personenbelegung, bei denen davon ausgegangen werden kann, dass die Zimmertüren vielfach – auch nachts – offen stehen.

Soll bei diesen ‚offenen Verteilssystemen‘ vermieden werden, dass die Luftverteilung bei geschlossenen Zimmertüren evtl. nicht mehr im gewünschten Masse funktioniert, lässt sich dieses Risiko durch den Einbau von (aktiven) Überströmern zu den einzelnen Zimmern minimieren.<sup>18</sup>

Ebenfalls auf der Ebene 3 ‚Wohnung‘ kommen alle räumlichen Lösungsansätze zum Tragen, bei denen entweder mit neuen, innen liegenden Licht- und Luftschächten gearbeitet wird, oder bei denen der Um- oder Anbau von sogenannten ‚Zwischenklimazonen‘ zu einer Wohnraumvergrösserung führen kann.

<sup>17</sup> vgl. Stefan Barp, Rudolf Fraefel, Heinrich Huber, Schlussbericht Energieforschungsprojekt «Luftbewegungen in frei durchströmten Wohnräumen», Zürich, September 2009; und: Werner Kälin, Franz Sprecher, Luftaustausch, Stadt Zürich: HBD, November 2009, S. 13

<sup>18</sup> Die Fachstelle Energie und Gebäudetechnik des Amtes für Hochbauten der Stadt Zürich hat im Jahr 2011 einen Produktewettbewerb zur Entwicklung von aktiven Überströmern durchgeführt. Ziel war es, industriell gefertigte, standardisierte und günstige Produkte zu erhalten, die entweder in Innenwände oder Türelemente eingebaut werden können und dafür sorgen, dass auch bei geschlossenen Zimmertüren die Luft vom Korridor in die abgeschlossenen Räume und wieder zurück in den Korridor strömt. Das Ergebnis des Wettbewerbs hat gezeigt, dass solche Lösungen technisch sehr wohl machbar sind, auf gestalterischer Ebene jedoch noch ein grosser Weiterentwicklungsbedarf besteht. Vgl. Produktewettbewerb Aktive Überströmer, Bericht des Preisgerichts, 05/2011 (Bezugsquelle: Stadt Zürich, Amt für Hochbauten)

# Ebene 4: Bauteil

Auf der Ebene 4 ‚Bauteil‘ werden verschiedene Komponenten einzelner Lüftungssysteme – mit denen entweder an der Hülle oder im Inneren gearbeitet werden kann – in Form eines Bauteilkatalogs kurz vorgestellt und die Voraussetzungen für deren Einbau und Integrierbarkeit sichtbar gemacht. Die Entwicklung der letzten Jahre hat

sich stark auf technische Elemente im Bereich von Hülle / Perforation konzentriert, wie die (unvollständige) Beispielsammlung zeigt. Räumliche Elemente, die auch Lüftungsfunktionen übernehmen, sind bei der Erneuerung von Wohnbauten wenig verbreitet und erfordern vermehrter Aufmerksamkeit in Planung und Forschung.

## Hülle / Perforation

### Im Wandbereich sichtbar montierte Beispiele



44 *Dezentrales Zuluftgerät, in Schreinerarbeit integriert: Produkt Aribox, BS2*

### Fensterintegrierte Beispiele



46 *Fensterintegrierter Einzelraumlüfter: Produkt swiss air window, Fentech AG, St. Gallen*



45 *Dezentrales Einzelraumklimagerät, sichtbar montiert: Produkt Air-On*



47 *Fensterintegrierte Schalldämmlüftung: Produkt Sonovent, Renson*

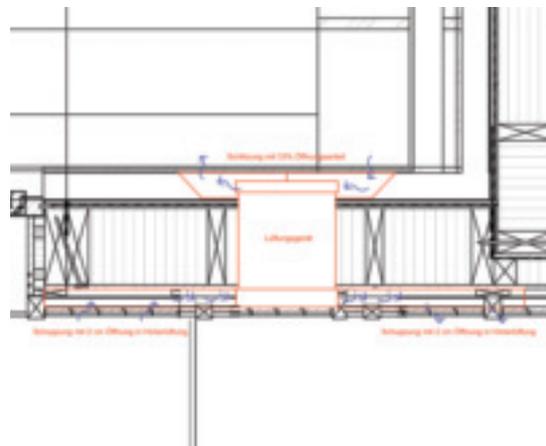
## Hülle / Perforation

### Wandintegrierte Beispiele



48

Einzelraumlüfter zum Einbau im Brüstungsbereich bei der Fenstererneuerung: Produkt Comfosystems PremiVent, Zehnder AG



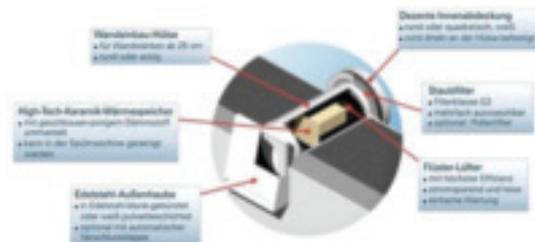
50

Einzellüftungsgeräte, integriert in Wandkonstruktion mit innerer Blende und äusserer Fassadenverkleidung: Produkt Helios EcoVent (Projekt your+ des Teams Lucerne – Suisse der Hochschule Luzern Technik & Architektur am Solar Decathlon Europe 2014)



49

Einzelraumlüfter als aussenwandintegriertes Element: Produkt Lunos



51

Einzelraumlüfter als aussenwandintegriertes Element: Produkt inVENTer

## Hülle / Addition

In Fassadenkonstruktion integrierte Beispiele



52

*Zentrale Anlage mit in der Fassadendämmung eingelegten Lüftungskanälen: Erneuerung Wohnsiedlung Heumatt, Zürich*



53

*Zuluftöffnung über umgenutzten Storenkasten, Verteilnetz in der Fassadendämmung integriert: Erneuerung Wohnbauten in Worben/BE*

Raumhaltige Beispiele



54

*Kombination verschiedener Funktionen (Raum, Licht, Luft, Wetterschutz) in einem traditionellen Element: Balkonverglasung Innenstadt Madrid*



55

*Balkonverglasung und dezentrale Zuluftöffnungen: Erneuerung Wohngebäude, Konolfingen/BE*

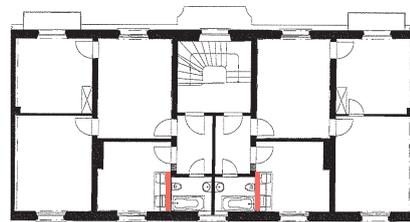
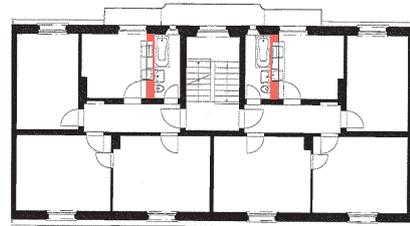
## Kern / Addition

### Innenräumliche Beispiele



56

*Sichtbare Zuluftkanäle führen von einem zentralen Kern in die einzelnen Räume: Wohnsiedlung Burgunder, Bern*

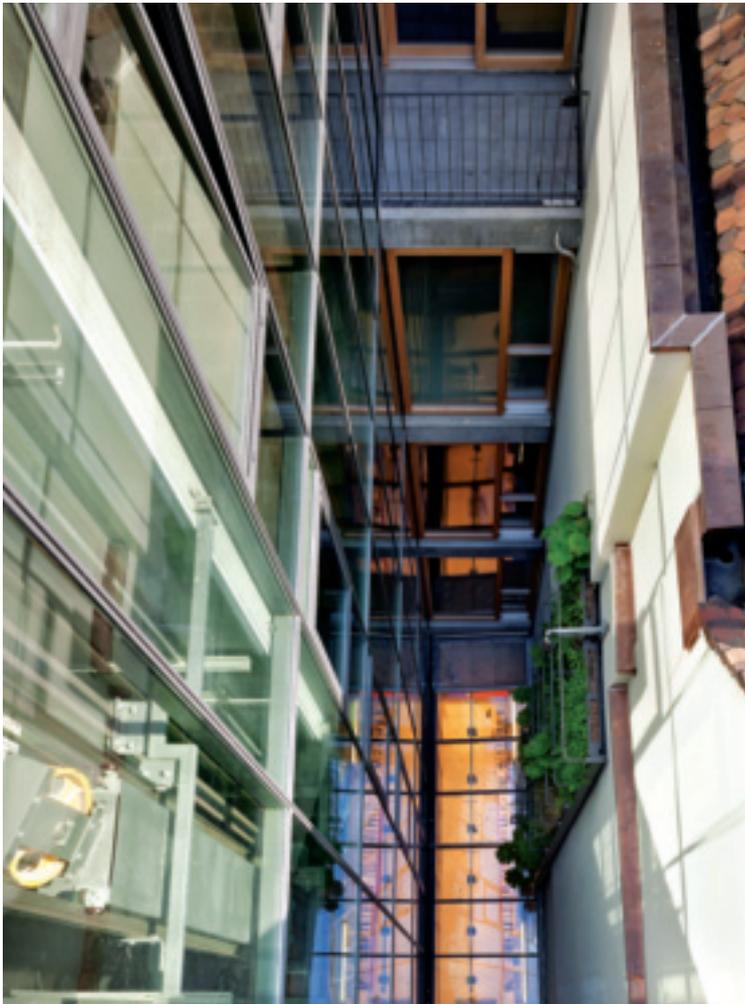


57

*Strangsanierung mit vorfabriziertem Wand-/Schachtelement vereinfacht Umbauprozess: Erneuerung Siedlung Zurlinden, Zürich*



## Kern / räumliches Element

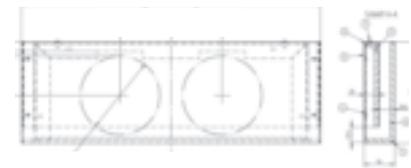


58

*Raum und Erschliessung, Licht und Luft: Erneuerung Wohn-/  
Geschäftshaus Spitalgasse, Bern*



59



*Aktives Überströmelement in Innenwand  
integriert: Produkt comfoduct attivo,  
Zehnder AG*

# Konklusion

## Natürlich – mechanisch – hybrid

Behaglichkeit in Wohnräumen entsteht aus einem ausgewogenen Zusammenspiel unterschiedlichster Faktoren – einer davon ist gute Luft. Eine gute Raumluftqualität hängt jedoch nicht alleine von einer ausreichenden Luftwechselrate und der Einhaltung vorgegebener Grenzwerte für Schadstoffkonzentrationen oder dem Feuchtigkeitsgehalt ab, sondern ist auch eng mit dem subjektiven Empfinden der Bewohnerinnen und Bewohner verbunden. Das Gefühl ein Fenster zu öffnen und somit die Qualitäten der Umgebung – seien es Wind und Wetter, Licht, Geräusche und Gerüche – direkt in den Wohnraum einzubeziehen, trägt wesentlich zum Wohlbefinden der Nutzenden bei. Bei der Erneuerung von Wohnbauten sind deshalb natürliche, mechanische und hybride Lüftungssysteme unvoreingenommen untereinander zu evaluieren.

## Exkurs Fensterlüftung

Mehrmals tägliches Lüften während einigen Minuten bei voll geöffneten Fenstern kann somit nach wie vor als ein adäquates und bewährtes Mittel beurteilt werden, um in Innenräumen eine gute Luftqualität zu erhalten. Die Stosslüftung bewirkt, dass feuchte, schlecht riechende Luft aus dem Rauminneren entweicht; gleichzeitig wird Milben und der Schimmelpilzbildung vorgebeugt. Auch die Verwendung dampfdiffusionsoffener Konstruktionen sowie schadstoffarmer Materialien und Baustoffe, die evtl. auch Feuchtigkeit speichern können, unterstützen eine gute Raumluftqualität. Durch die Vermeidung von synthetischen Putzen, Dämmstoffen, Farben und Versiegelungen lässt sich die Schadstoffemission innerhalb der Wohnungen selbst niedriger halten bzw. der Feuchtehaushalt verbessern. Die Problematik bei natürlichen Fensterlüftungen stellt sich jedoch insbesondere aus Sicht der Energieeffizienz: Aufwändige Dämmstrategien und über lange Zeit offene oder gekippte Schlaf- oder Badezimmerfenster stehen zueinander im Widerspruch und verlangen ein eigenverantwortliches und diszipliniertes Nutzerverhalten. Mit einer Gesamtenergiebetrachtung, die z. B. graue Energie miteinbezieht und ebenfalls die Komfortansprüche wie die Höhe der Raumtemperatur oder den elektrischen Installationsgrad auf einem bewusst tieferen Niveau definiert, lassen sich allerdings kreative und individuelle

Lösungen entwickeln. Und: Die Rahmenbedingungen eines geschützten oder erhaltenswerten Bauwerks verlangen unter Umständen genau diese Strategie des natürlichen Lüftens.

## Zwischen Standardlösung und Innovation: Orts- und Einzelfallspezifisch

Eine kritische Auseinandersetzung mit Komfortansprüchen, dem ortsspezifischen Kontext, der Wohnungstypologie sowie den verschiedenen Möglichkeiten von Lüftungskonzepten und -systemen ist unabdingbar. Unter Berücksichtigung dieser Zusammenhänge sowie dem Suchen nach einer gestalterischen und technischen Verträglichkeit von Raumstruktur und Infrastruktur kann ein besseres Verständnis für gute Luft in Innenräumen bei der Erneuerung von Wohnbauten erreicht werden. Obschon offensichtliche Kausalitäten zwischen einzelnen Gebäude- und Wohnungstypologien und möglichem Lüftungsverhalten bestehen, sind weniger Patentrezepte als vielmehr ortsspezifische Lösungen gefragt. Standardlösungen können Ausgangspunkt für den Planungsprozess sein, bedürfen jedoch einer auf die jeweilige Situation angemessenen Weiterentwicklung und Präzisierung.

## Vier Ebenen und Prinzipien: Kontext und Gebäudetyp zuerst

Dementsprechend baut die vorliegende Planungshilfe auf vier Ebenen auf und fragt zuerst nach dem Kontext und den übergeordneten Zielsetzungen. Erst danach folgt auf der zweiten Ebene das Gebäude mit vier grundlegenden Prinzipien für die Überlagerung von Gebäude- und Infrastruktur. Die Untersuchung diverser Umsetzungsbeispiele hat gezeigt, dass sich in gewissen Fällen für einzelne Gebäudetypen spezifische Systeme als besonders geeignet erweisen. In anderen Fällen spielt hingegen weniger der Gebäudetyp als vielmehr gleichzeitig geplante Umbau- oder Instandsetzungsmassnahmen, durch die neue Spielräume an der Hülle oder im Gebäudeinneren entstehen, eine wesentliche Rolle. So können z. B. für Terrassen- oder Wohnhäuser mit vielen unterschiedlichen, übereinanderliegenden Wohnungstypen insbesondere dezentrale Lösungen – seien dies Einzelwohnungsgeräte oder Systeme, die an der Gebäudehülle ansetzen – in Frage

kommen. Bei Bauten mit sehr knappen Wohnungs- und Raumgrößen, z. B. aus den 1940er Jahren oder bei Hochhäusern, die durch die grosse Anzahl übereinander liegender Wohnungen auch grosse Kanal- und Schachtquerschnitte auslösen, gilt es insbesondere nach Lösungen zu suchen, die im Inneren möglichst keine zusätzlichen Steigzonen benötigen. Sind Gebäudehüllensanierungen, Balkonerweiterungen, An- und Umbauten oder umfangreiche Erneuerungen im Inneren geplant, können – gewissermassen unabhängig vom Gebäudetyp – wiederum ganz andere Lösungsansätze in den Vordergrund rücken.

### Wohnungstypologie und Bauteile

Auf den Ebenen 3 und 4 – Wohnung und Bauteile – werden insbesondere die Luftverteilssysteme (Zu- und Abluft) relevant. Wird die Luft an der Gebäudehülle in die Wohnungen bzw. die einzelnen Räumen direkt eingebracht, sind für die Zuluftverteilung in der Regel keine zusätzlichen Lüftungskanäle erforderlich; nur bezüglich innenliegender Nebenräume wären solche allenfalls vonnöten. Das führt dazu, dass die bestehenden Raumproportionen und Raumhöhen unverändert bestehen bleiben können. Was die Abluft betrifft, so wird diese, bei fast allen fenster- oder fassadenintegrierten Lösungen, ebenfalls dezentral in den jeweiligen Räumen abgesaugt. Falls vorhanden, können aber auch bestehende Abluftelemente, z. B. Ventilatoren in innen liegenden Nebenräumen oder Dampfabzugshauben in den Küchen, die bereits an ins Freie führende Kanalsysteme angeschlossen sind, weiterverwendet werden. Wird die Luft im Gebäudeinneren in die Wohnungen eingebracht, kommt die Typologie der Wohnungsgrundrisse stärker zum Tragen. In Wohnungen mit zentralen Erschliessungszonen – Eingangshalle oder Korridor – und abgeschlossenen Räumen können kanalgeführte Verteilssysteme, bei genügend Raumhöhe in der Erschliessungszone, ein denkbarer Lösungsansatz sein. Die Zu- und Abluftkanäle werden sodann im abgehängten Deckenbereich zu den einzelnen Zimmern geführt. Durch Zu- und Abluftöffnungen im obersten Wandbereich der Wände zwischen Erschliessungszone und Zimmer werden die einzelnen Räume ans Lüftungssystem angeschlossen. Insbesondere bei Grundrissen mit mehr oder weniger offenen

Raumzusammenhängen sind ferner ‚offene Verteilssysteme‘ naheliegend. Da sich bei offenen Grundrissen und in Wohnungen mit offenstehenden Türen die Luft in der ganzen Wohnung gut vermischt, reicht es, die Abluft in den Nasszellen und in der Küche abzusaugen und die gesamte Zuluft an einem beliebigen Ort in die Wohnung einzubringen.

### Gute Luft in zu erneuernden Wohnungsbauten ruft nach Innovationen

Ein Potenzial im Interaktionsfeld von ‚Raum und Luft‘ liegt in der Schnittstelle zwischen räumlichen Elementen (natürliche Lüftung) und dezentralen Einzelraumgeräten (mechanische Lüftung). Ansätze also, die Qualitäten von architektonischen Räumen sowie Behaglichkeitsbedürfnisse der Nutzenden gekonnt mit physikalischen Strömungseigenschaften kombinieren und dabei situationsgerechte, intelligente Steuerungstechniken einsetzen. Weiter ist der Spielraum für natürliche Lüftungssysteme ohne spezielle Luftaufbereitung und -bearbeitung, sei es über schichtartige Überlagerungen von Aussenwandelementen, über luftdurchlässige Gebäudehüllen mit minimalstem Wärmeverlust (oder gar -gewinn) und mit entsprechenden Produkte- und Materialentwicklungen zu erforschen. Eine kontrollierte und konstante Lufterneuerung, die mit wenig oder gar ohne zusätzlichen Energieaufwand auskommt, bleibt als Zielvorstellung – wie in These 2 definiert – bestehen.

### Baukultur

Auch wenn – wie in These 1 formuliert – durchaus Grundprinzipien zum Umgang mit Raumstruktur und Infrastruktur erkennbar sind, erweisen sich bei der Wahl der Planungsstrategie doch vor allem der spezifische Kontext sowie die angestrebten individuellen Zielsetzungen einer Wohnungserneuerung als ausschlaggebend. Die Ansprüche verlangen zudem eine hohe Gestaltqualität, verbunden mit einem Gebrauchswert, der die Bedürfnisse der Nutzenden ins Zentrum stellt. Weiter spielt die Angemessenheit der Massnahmen zur Erreichung von guter Luft im Innenraum und damit die Wirtschaftlichkeit eine wichtige Rolle. Gefragt sind also integrale Architektur- und Gebäudetechnikansätze, die eine zukunftsfähige und nachhaltige Baukultur erhalten und weiter entwickeln.

# Raum und Luft: Checklisten

## Ebene 1: Kontext und übergeordnete Zielsetzung

Ziel: Die Erneuerungsstrategie für die Liegenschaft ist formuliert und kann integral mit den anderen Ebenen vernetzt werden.

A: Die spezifischen Merkmale des Ortes – bezogen auf ‚Raum und Luft‘ – sind analysiert und ausgewertet.

Wichtige Merkmale sind u.a.:

- Lärmbelastung
- Schadstoffbelastung
- Geruchsbelastung
- Orientierung (Wind und Wetter)

B: Die übergeordnete Zielsetzung für eine Liegenschaft ist bezüglich folgender Punkte analysiert und definiert:

- angestrebte Lebensdauer der Liegenschaft resp. der Erneuerungsmassnahmen
- angestrebtes Komfortniveau (nutzerunabhängiger Luftwechsel, Stellenwert Handlungsspielraum Bewohnerschaft etc.)
- angestrebter Nachhaltigkeits- resp. Energiestandard (ev. Label, Stellenwert Gesamtenergiebetrachtung etc.)
- möglicher Kostenrahmen für Investitionen und Mietzinsniveau

C: Die Rahmenbedingungen und Zielsetzungen für das Gebäude – insbesondere bezogen auf den architektonischen Ausdruck und die Gebäudehülle – sind erkannt. Relevante Themen unter dem Fokus ‚Raum und Luft‘ sind u.a.:

- architektonischer Wert der Liegenschaft im Kontext (Nachbarbauten, Ensemble, Landschaft etc.)
- Gebäudehülle (denkmalpflegerisch) erhaltens- oder schützenswert (integral oder teilweise / Material, Proportionen, Farbgebung etc.)
- Spielraum für Erneuerungen und/oder Veränderungen an der Hülle ist vorhanden
- weitere Veränderungen an der Gebäudehülle sind bereits geplant oder beabsichtigt (Fensterersatz,

Fassadensanierung mit oder ohne Wärmedämm-massnahmen, Balkon- und/oder andere Anbauten)

D: Die Rahmenbedingungen und Zielsetzungen für das Gebäudeinnere sind erkannt. Relevante Themen unter dem Fokus ‚Raum und Luft‘ sind u.a.:

- architektonischer Wert der Liegenschaft im Innenraum (Raumgrössen und Proportionen, Oberflächen, Material, Struktur etc.)
- Gebäudeinneres (denkmalpflegerisch) erhaltens- oder schützenswert (integral oder teilweise)
- Spielraum für Erneuerungen und/oder Veränderungen im Inneren ist vorhanden
- weitere Veränderungen im Gebäudeinneren sind bereits geplant oder beabsichtigt (Bad-, Küchen- und Strang-sanierungen, Erneuerung der inneren Oberflächen, Wohnungszusammenlegungen etc.)

## Ebene 2: Gebäude

Ziel: Die Planungsstrategie auf der Ebene Gebäude ist mit konkreten Massnahmen festgelegt und kann integral mit den anderen Ebenen vernetzt werden.

A: Der Gebäudetyp ist analysiert und dessen charakteristische Merkmale sind erkannt (vgl. Kap. Entwicklung Wohnungsbau). Wichtige Merkmale sind u.a.:

- Gebäudetypen (A Blockrand, B Zeile, C Freistehender Block / Punktbau, D Scheibenhäuser, E Hochhaus, F Reihenhäuser / Schottenbauten, G Terrassenhäuser, H Gross-Strukturen)
- Geschossigkeit
- Anzahl Wohnungen und Wohnungstypen
- Gebäudeerschliessungskonzept (Treppen, Lifte, Installationsschächte)

B: Die spezifischen Qualitäten der Architektur sind erkannt. Charakteristische Merkmale sind u.a.:

- architektonischer Ausdruck
- Raumstruktur / Tragstruktur / Infrastruktur
- Material und Oberflächen

C: Die denkbaren Prinzipien für die Lufterschliessung sind für den Einzelfall analysiert und die entsprechenden Spielräume erkannt und festgehalten. Die vier unterschiedlichen Prinzipien sind:

- Hülle / Perforation
- Hülle / Addition
- Kern / Addition
- Kern / räumliches Element

### Ebene 3: Wohnung

Ziel: Die Planungsstrategie auf der Ebene Wohnung ist mit konkreten Massnahmen festgelegt und kann integral mit den anderen Ebenen vernetzt werden.

A: Die charakteristischen Merkmale der vorhandenen Wohnungstypen sind analysiert und erkannt. Wichtige Merkmale sind u.a.:

- Raumproportionen (Raumhöhen und Raumtiefen)
- Raumaufteilung und –bezüge
- stark nutzungsspezifische oder neutrale / flexibel nutzbare Räume
- Möglichkeiten der Luftführung (Raum / Infrastruktur)

B: Die spezifischen Qualitäten der Architektur sind erkannt. Charakteristische Merkmale sind u.a.:

- einseitige oder mehrseitige Orientierung
- (innen-)architektonischer Ausdruck
- Material und Oberflächen

C: Das geeignete Prinzip der Luftverteilung kann festgelegt werden. Die vier unterschiedlichen Prinzipien sind:

- dezentral / zentral
- Einbringung und Absaugung der Luft an der Hülle oder im Wohnungsinnen (Kern)
- Luftführung offen oder geschlossen  
Luftverteilung frei, über Druckverhältnisse gesteuert oder mit (ev. aktiven) Überströmern

### Ebene 4: Bauteil

Ziel: Die Planungsstrategie auf der Ebene Bauteil ist mit konkreten Massnahmen festgelegt und kann integral mit den anderen Ebenen vernetzt werden.

A: Die spezifischen Qualitäten der Architektur sind erkannt. Charakteristische Merkmale sind u.a.:

- Bauweise massiv, Rahmenkonstruktionen oder Stützen / Plattensysteme etc.
- (Trag-)strukturen sichtbar oder verkleidet
- (innen-)architektonischer Ausdruck

B: Die charakteristischen Merkmale der Bauteile sind herausgearbeitet und bewertet. Wichtige Merkmale sind u.a.:

- Material
- Oberflächen (Boden, Wand, Decke)
- Textur, Fügung, Farbe

C: Die geeignete Verhaltensweise zur Erreichung guter Luft im Innenraum ist ausgewählt. Der Fokus liegt auf dem Luftein- und auslass sowie deren situationsangepasster Integration. Wichtige Merkmale sind:

- Anzahl und Standorte
- Grösse und Proportionen
- Material und Oberflächen

## Bildnachweis

**Cover:** Spitalgasse 21, Bern, Bürgi Schärer, 2009, Bild Alexander Gempeler

**Abb. 1** Modelle: Studierende Masterkurs Architektur HS 2010, Hochschule Luzern – Technik & Architektur (Fotos Markus Käch)

**Abb. 2** Malquaf mit befeuchteten Dämpfern und Windausslass, Entwurf: Hassan Fathy (in: Arch+, Aachen (Februar 1987), Heft 88 «Hassan Fathy: Architektur aus 1001 Steinen», S. 44)

**Abb. 3, 4, 5, 7, 8, 12, 14, 15, 21, 22** in: Michael Koch, Mathias Somandin, Christian Süsstrunk, Kommunaler und Genossenschaftlicher Wohnungsbau in Zürich 1907-1989, Zürich: Finanzamt und Bauamt II der Stadt Zürich, 1990, Abb. 3, 4: S. 108, Abb. 5: S. 156, Abb. 7, 8: S. 163, Abb. 12: S. 201; Foto Michael Wolgensinger, Abb. 14, 15: S. 206, Abb. 21, 22: S. 121

**Abb. 6** in: Faltblatt, Wohnsiedlung Riedtli, Zürich: Amt für Hochbauten der Stadt Zürich, 2008

**Abb. 9, 10, 11** in: Peter Disch, 50 anni di architettura in Ticino 1930-1980, Bellinzona-Lugano: Grassico Pubblicità SA, 1983, Abb. 9: S. 21; Foto P. Disch, Abb. 10, 11: S. 25

**Abb. 13, 24, 27, 28** in: Christoph Durban, Michael Koch, Daniel Kurz, Maresa Schumacher, Mathias Somandin, Mehr als Wohnen – Gemeinnütziger Wohnungsbau in Zürich 1907-2007, Zürich: gta Verlag Zürich, 2007, Abb. 13: S. 105,

**Abb. 24** S. 143; Foto Walter Mair, Abb. 27: S. 163; Foto Hannes Henz, Abb. 28: S. 185; Foto René Rötheli

**Abb. 16** in: Atelier 5, Siedlungen und städtebauliche Projekte, Braunschweig/Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaften, 1994, S. 33

**Abb. 17** in: werk, Winterthur (Oktober 1968), Heft 10 «Mehrfamilienhäuser – Siedlungen», S. 654

**Abb. 18, 19, 20** (in: Tec21, Zürich (Juni 2013), Heft 24 «Denkmal Curtain Wall», Abb. 18: S. 17, Abb. 19: S. 18, Abb. 20: S. 19)

**Abb. 23** in: werk, Winterthur (Oktober 1964), Heft 10 «Terrassenhäuser», S. 364; Foto H. Borner

**Abb. 25, 26** in: Werk, Bauen + Wohnen, Zürich (Mai 1986), Nr. 5 «Frühlingsszenen in der französischen Schweiz», S. 56/57

**Abb. 29** in: NABEL Luftbelastung 2012, Bern: Bundesamt für Umwelt BAFU, 2013

**Abb. 30, 31, 35, 38, 41, 42, 43** Schemata Hochschule Luzern, Technik & Architektur, Forschungsgruppe MSE A

**Abb. 32, 33** im: Internet, [www.bgzurlinden.ch](http://www.bgzurlinden.ch)

**Abb. 34** Foto Fensterfabrik Albisrieden AG, Zürich

**Abb. 36** Foto Andrea Helbling, Arazebra, Zürich

**Abb. 37** in: faktor, Zürich (2006), Nr. 3, S. 11

**Abb. 39/40** Allgemeine Baugenossenschaft Luzern ABL, Luzern

**Abb. 44** Foto Airbox-System, BS2

**Abb. 45** im: Internet, [www.air-on.ch](http://www.air-on.ch)

**Abb. 46** Foto Adrian Baer, NZZ

**Abb. 47** im: Internet, [www.renson.de](http://www.renson.de)

**Abb. 48** im: Internet, [www.zehnder-comfosystems.ch](http://www.zehnder-comfosystems.ch)

**Abb. 49** im: Internet, [www.lunos.de](http://www.lunos.de)

**Abb. 50** Projekt your+, Hochschule Luzern – Technik & Architektur

**Abb. 51** im: Internet, [www.inventer.de](http://www.inventer.de)

**Abb. 52** Foto Andrea Helbling, Arazebra, Zürich

**Abb. 53** Foto Bürgi Schärer / Michael Rom

**Abb. 54** Foto Bürgi Schärer / Hanspeter Bürgi

**Abb. 55** Foto Bürgi Schärer / Hanspeter Bürgi

**Abb. 56** Foto Alexander Gempeler

**Abb. 57** in: Faltblatt, Wohnsiedlung Zurlinden, Zürich: Amt für Hochbauten der Stadt Zürich, 2008

**Abb. 58** Foto Alexander Gempeler

**Abb. 59** im: Internet, [www.zehnder-comfosystems.ch](http://www.zehnder-comfosystems.ch)

Lucerne University of  
Applied Sciences and Arts

# HOCHSCHULE LUZERN

Technik & Architektur

## Impressum

### Forschungsprojekt:

Hochschule Luzern – Technik & Architektur:  
Forschungsgruppe Material, Struktur und Energie in Architektur (MSE A)  
in Zusammenarbeit mit Zentrum für Integrale Gebäudetechnik (ZIG)  
Autoren: Hanspeter Bürgi, Daniela Staub  
Mitarbeit: Sonja Huber, Alexander Lempke, Urs-Peter Menti, Reto Gadola, Victoria Gross

### Partner:

- Allgemeine Baugenossenschaft Luzern ABL
- Bundesamt für Energie BFE
- Bundesamt für Wohnungswesen BWO
- Hauseigentümergebiet HEV
- Luzerner Pensionskasse LUPK
- Minergie Agentur Bau
- Minergie/SUPSI
- R&G Metallbau AG/Sky-Frame
- Revue «Habitation»
- Stadt Zürich Amt für Hochbauten AHB
- Suissetec
- Umwelt und Energie Kanton Luzern uwe
- Zehnder Group International AG ZGI

### Grafische Konzeption:

franz&rené AG, Bern

Das Projekt ist mit finanzieller Unterstützung des Bundesamtes für Energie BFE, Programm EnergieSchweiz, sowie weiteren Partnern entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich das Autorenteam verantwortlich.



© Hochschule Luzern – Technik & Architektur und Projektpartner  
EnergieSchweiz, Bundesamt für Energie BFE  
Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen. Postadresse: CH-3003 Bern  
Tel 058 462 56 11, Fax 058 463 25 00  
energieschweiz@bfe.admin.ch www.energieschweiz.ch

Vertrieb:  
BBL, Verkauf Bundespublikationen, CH-3003 Bern  
www.bundespublikationen.admin.ch  
Art.-Nr. 805.310.d 10.14 500 860 339 451

Oktober 2014