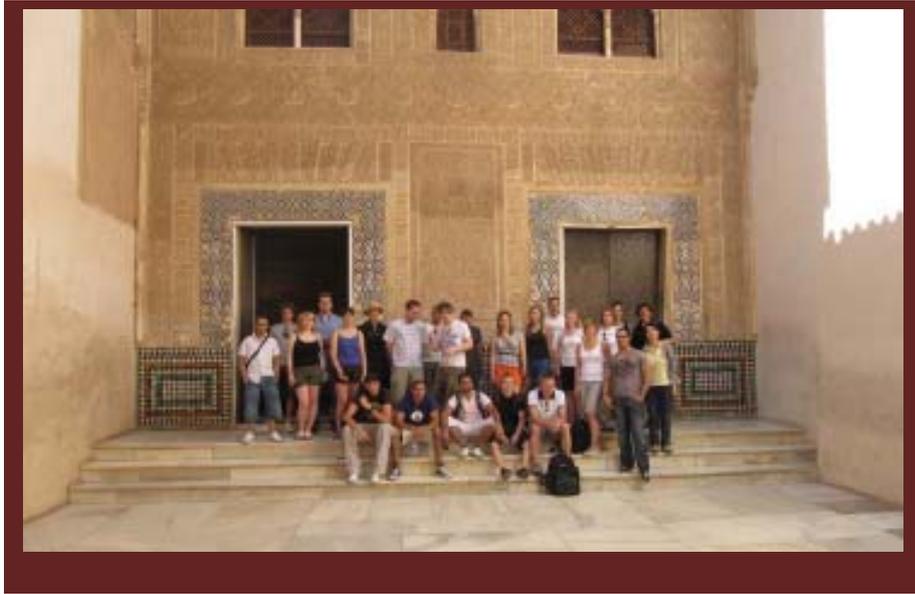


Granada 2010



Bergische Universität Wuppertal
Fachbereich D – Bauingenieurwesen
LuF Baukonstruktionen & Holzbau
Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. von Grabe
Thomas Duzia Dipl. –Ing. Architekt





„Wer Granada nicht gesehen hat, der hat nichts gesehen.“

(spanisches Sprichwort)

Alhambra, die rote Burg

Mit der Zurückeroberung der umliegenden muslimischen Königshäuser entwickelte sich Granada zu einem sukzessive zu einem immer wichtiger werdenden Zufluchtsort arabischer Muslime in Spanien. Beginn der Bauarbeiten 1248. Aus einer einfachen Burg eines nasridischen Berberstamms, die mit der Alcazaba- Festungsanlage das bedeutendste Bauwerk aus dem 9. Jahrhundert hatte, wurden ab 1248 die Palastbauten der Alhambra über die folgenden zwei Jahrhunderte ergänzt.

Auf einem Hügel gegenüber des maurischen Wohnviertels Albaicin wurde die gesamte Anlage mit einer Länge von ca. 720m, einer maximalen Breite von 220m errichtet. Umgeben waren die Palastanlagen von einer Mauer mit 23 Türmen und vier Toren.

Der Name Alhambra leitet sich von Qualat al- Hamra ab, was übersetzt dem Begriff die Rote Burg gleichkommt.

Geprägt wird ihr äußeres Erscheinungsbild von einer Ziegelbauweise, die keinen Aufschluss gibt über die reichhaltigen und differenzierten Stuckarbeiten der Räume, Säle und Höfe im Inneren der Anlage. Bedingt durch das Verbot der figürlichen Darstellung im Islam, wurden die Innenräume mit Ornamenten, Schriftdarstellungen, Fliesen und Farben gestaltet.

Nach der Eroberung Granadas 1492 durch die katholischen Könige begann der Umbau der Alhambra-Paläste. Mehrfach wurde die Wegeführung zwischen den einzelnen Palastzonen geändert. Den deutlichsten stellte jedoch der Neubau des Palacio Carlos V. dar, der in einem von Italien geprägten Renaissance- Stil errichtet wurde.

Der Zugang zur Alhambra von der Stadt aus, führt vom Plaza Nueva hoch durch die Puerta de las Granadas, einem Tor mit drei Granatäpfeln über dem Triumphbogen. Dieses Tor wurde nach Rückeroberung 1536 ebenfalls von Pedro Machuca entworfen, welcher auch schon für die Konstruktion und Gestaltung des Palacio Carlos V. die Verantwortung trug. Dieses Tor gehörte nicht zur Festungs- und Palastanlage Alhambra. Den eigentlichen Haupteingang stellte die Puerta de la Justicia dar.



In den folgenden Jahrhunderten verlor die Alhambra an Bedeutung. Die Bauten verfielen oder wurden, wie der Palacio Carlos V. gar nicht fertiggestellt.

Erst mit dem Auftauchen von Washington Irving (1783- 1859), einem amerikanischen Schriftsteller, wurden die Geschichten der Alhambra, mit der beginnenden Romantik in Europa, wiederbelebt und das Interesse an dem Wiederaufbau der verfallenden Alhambra geweckt.

Heute ist die Alhambra Weltkulturerbe und zählt zu fünf meist besuchten Denkmälern in Spanien. Für die Stadt Granada bildet der Tourismus einen bedeutenden Wirtschaftsfaktor.

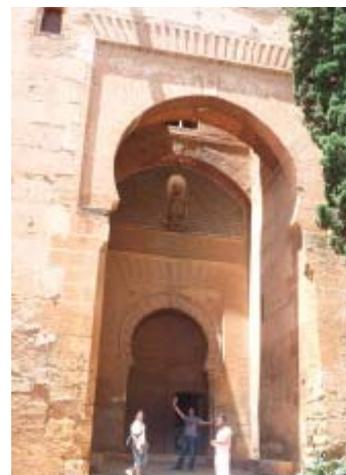
Puerta de la Justicia

Erbaut wurde die Puerta de la Justicia 1348 als Haupteingang, als das größte aller Portale zur Alhambra. Der Schlussstein des Bogens zeigt eine Hand, deren fünf Finger die Grundgebote des Islams symbolisieren:

- Glauben
- Beten
- Fasten
- Almosengeben
- Pilgerfahrt nach Mekka

In die Kapitelle ist z.T. das islamische Glaubensbekenntnis eingemeißelt:

„Es gibt keinen Gott außer Allah, Mohammed ist sein Gesandter.“



Alcazaba - Festungsanlage

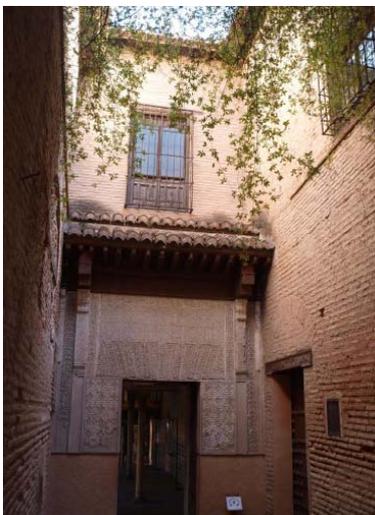
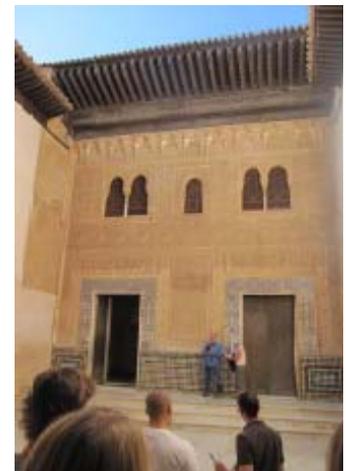
Der älteste Teil der Alhambra ist die Alcazaba. Von der Westseite beherrscht der Torre de la Vela ihre Hauptansicht. Hier hissten 1492 die Spanischen Könige, Isabela la Catholica und Ferdinand von Kastilien und Aragon, die Fahne nach der Eroberung der Alhambra.

An der Ostseite besteht die Alcazaba aus drei Türmen, die an die Plaza de los Aljibes grenzen. Unterhalb des Plaza de los Aljibes befindet sich eine große Zisterne. Die Alcazaba bildet ein typisches Ensemble von Defensivarchitektur.



Mechuar und Patio de Mechuar

Erster Teil der Fürstenresidenz nach der Alcazaba. Diente vermutlich den Emiren auch als Gerichtssaal.



Cuarto Dorado

Nasridische Baukunst. Haupteingang zum eigentlichen Palastbereich. Im Gegensatz zu europäischen Architekturen wird hier deutlich, dass die nasridische Baukunst auf die perfekte Geometrie verzichtet und Achsen vermeidet, die auf die nächsten Räume und Nutzungen hinweist.



Patio de los Arrayanes der Myrthenhof

In alten Quellen bis ins 16. Jahrhundert wird dieser Hof ebenso Comares- Hof genannt. Aufgrund des späteren Anbaus des Palacio Carlos V. liegt der Hof heute geschlossen, zwischen dem Palacio Carlos V. und dem Saal der Gesandten. Der Patio mit seinen angrenzenden Palastbauten entspricht hier in seinen Elementen einem typischen spanisch- muslimischen Wohnhaus nur in einem größeren Maßstab.



Vom Myrthenhof gehen seitlich zu den angrenzenden Flügelbauten vier Türen ab. Diese dienten früher als direkter Zugang zu den Wohnbereichen der vier Ehefrauen, die jeder Muslim dem Gesetz nach haben durfte. Der Hof wurde genutzt für Waschungen vor dem Besuch der ehemaligen Moschee.

Auf der nördlichen Schmalseite befindet sich der 45m hohe Torre de Comares. Im Zentrum des Hofes liegt das Wasserbecken in dem sich die umgebenden Gebäude spiegeln, wodurch die Bedeutung der Architektur überhöht wird.

Zugleich dienten die Wasserbecken und Kanäle in den Palasträumen der Kühlung und stellen damit eine frühe Form der passiven Gebäudeklimatisierung dar.

Sala de los Embajadores oder Comares Saal

Der Comares Saal ist der größte Saal in der Alhambra. Die Decke besteht aus 8.017 Zedernholztäfelchen. Die Decke soll ein Abbild des Himmels sein. Unter der Decke befand sich einst der Thron. Je drei Alkoven an den Seitenwänden. Von den drei Alkoven blickt man direkt auf das Barrio Albaicin. Der Alkoven des Sultans liegt dem Eingang gegenüber.

In dem Sala finden sich u.a. Inschriften:

„Die Ewigkeit ist das Sinnbild Gottes“

„Erfreue Dich am Guten, denn Gott ist es, der hilft“

*„Gott allein gehören die Größe, der Ruhm, die Ewigkeit,
das Reich und die Macht.“*



Patio de los Leones oder Patio del Haren



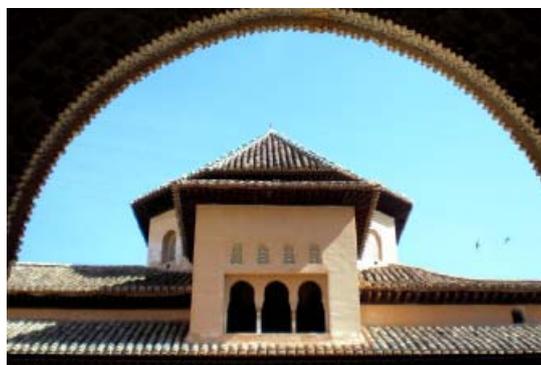
Der heutige Patio de los leones war ein ehemals ummauerter Garten der Palastanlage Muhammed V. in dessen Innenraum sich ein Orangerhain befand.

Der Innenhof ist umgeben von einer allseitigen Wandelhalle, an die weitere Palasträume anschließen. 124 feingliedrige Marmorsäulen tragen das Dach der Wandelhalle. Die gewählte Anordnung und Detaillierung der Säulen ist hier erstmalig und auch einmalig. Anstatt die Lasten in einer Stütze abzutragen, löste man die Stütze in filigrane Säulenpaare auf.

Im Zentrum des Patios steht der Löwenbrunnen. 12 Löwen tragen hier eine Brunnenschale. Zu den 12 Löwen fließen vier kleine Kanäle, die aus den angrenzenden Palasträumen kommen. Die vier Wasserläufe symbolisieren die vier Paradiesflüsse im Islam und nehmen mit ihrer Ausrichtung Bezug zu den vier Haupthimmelsrichtungen.

Die 12 Löwen des Brunnens stehen für die Kraft der Sonne und die 12 Sternzeichen.

124 Marmorsäulen bilden den Innenhof. Die Anordnung der Säulen ist hier ein- und erstmalig. (Zum Zeitpunkt der Besichtigung war der Löwenbrunnen zur Restaurationszwecken demontiert.)



„Sala de los Albencerrajes“

Von der Südseite der Säulengalerie des Patio de los Leones gelang man in diesen Saal. Unter dem Kuppelgewölbe lies Abul Hassan 36 Edle der Albencerrajes enthaupten, da ein Jüngling dieser Sippe einer Geliebten Abul Hassans während eines Festmahls zu nahe getreten war. Überdeckt wird der Raum von einer gewaltigen Muqarnas –Kuppel mit 16 Oberlichtern.



„Sala de los reyes“

an der Ostseite des Patio de los Leones gelegen und aus drei quadratischen Räumen bestehend.

„Sala de las Dos Hermanas“

Dieser Raum liegt an der Nordseite des Patio des los Leones. Von hier aus kann man in die rückseitigen und tiefer gelegenen Gärten blicken. Benannt ist der Sala nach zwei Schwestern, die hier angeblich vor Liebe Sehnsucht starben. Überdeckt wird der Raum von einer gewaltigen Muqarnas - Kuppel. 1842 bis 1845 zerlegte Owen Jones die komplizierte Kuppel in Grundriss und Schnitt. Er zählte 5.000 zusammengesetzte Stuckelemente für die Kuppel.



Partal Torre de las Damas

Der Palast ist Teil einer ehemaligen Gartenanlage. Geprägt wird dieser Bau von einem fünfbogigen und überdachten Gang vor einem Bassin. Der Palast stammt aus der Zeit Mohammed III. und ist damit eines der ältesten Palastbauwerke.



Palacio Carlos V

Der Palastbau wurde 1526 von Karl V. in Auftrag gegeben. Karl V verweilte in Granada jedoch nur zwei Wochen während seiner Hochzeitreise. Für den Bau wurde der Baumeister Pedro Machuca, der ein Schüler Michelangelos war, beauftragt. Angeblich soll der Palast der schönste Renaissance- Bau außerhalb Italiens sein.

Das Sockelgeschoß ist mit Rustika- Quadern strukturiert, während die Fassade des Obergeschoßes mit Pilaster gestaltet wird. Im Sockelbereich befinden sich überdimensionale Bronzeringe, die zum Befestigen von Pferde angebracht wurden.

Der Palast steht auf den Fundamenten einer früheren Moschee. 1568 mussten die Bauarbeiten durch den Aufstand der Morisken eingestellt werden. Die Morisken verweigerten die Abschlagszahlungen an die Christen, so dass eine weitere Finanzierung der Bauarbeiten ausgeschlossen war. Erst 1923 konnte das offenstehende Dach über dem Palast geschlossen und eingedeckt werden.

Der zweigeschossige Palast ist geprägt von einem kreisrunden Innenhof, mit einem Kollonadeumgang, der sich in einem großen Quadrat, dem eigentlichen Palast befindet.

In der nordöstlichen Ecke des Palastes befindet sich eine achteckige Kapelle, die eine Nachbildung der Kapelle im Kaiserdom zu Aachen von Karl dem Großen darstellt.



Generalife

Der Generalife-Park wurde um 1319 als Sommersitz der maurischen Könige erbaut. Ein Teil der Generalife war der Patio de los ciprésos, der ein abgeschlossener Haremsgarten war. Dieser Park ist geprägt von Wasserkanälen, Wasserspielen, Blumen und Hecken aus Zypressen, die den Park in Räume zonieren.

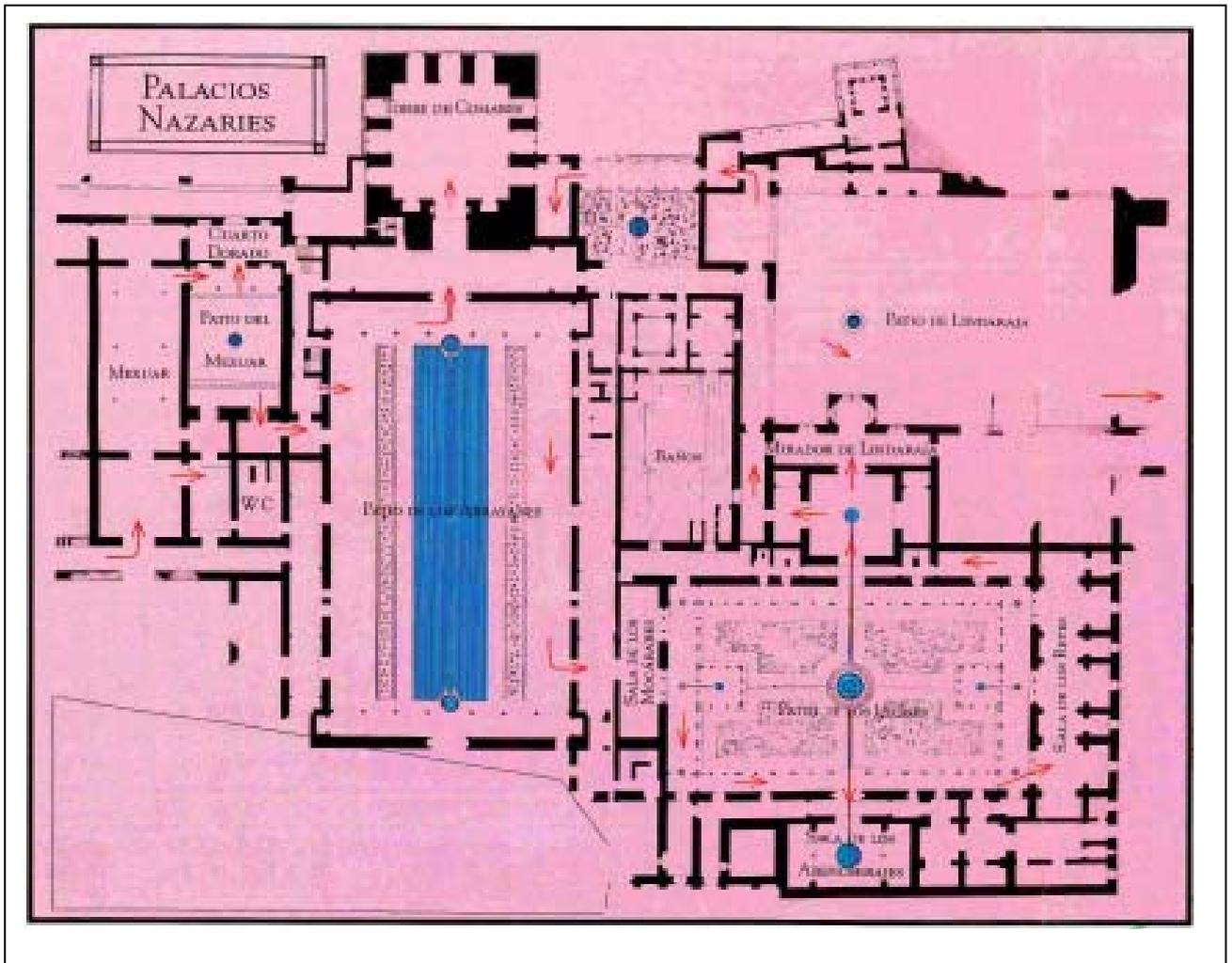
Angrenzend an den Generalife befanden sich die sogenannten Huertos. Diese Nutzgärten waren zur Versorgung des Palastes mit Früchten und Gemüse angelegt worden.



Stadtführer : Granada- Sehen und verstehen

Seite 2:

„Die alte Alhambra ist durch ihre Auffassung und Bauart tatsächlich ein ganz moderner architektonischer Komplex. Sie entspricht den Angaben des berühmten Architekten dieses Jahrhunderts, Le Corbusier. Laut ihm ist die Architektur die kluge, richtige und prächtige Vereinigung der Räume unter dem Licht-„



Grundriss der Palastbauten der Alhambra; Quelle: Granada- sehen und verstehen; Stadtführer

Fotografien: E. Löwen/ F. Föth/ Y. Ferchichi

Quellen:

1. Andersen, H.Chr.; Andersen in Spanien; Rotbuch Verlag Hamburg 1998
2. Barrucand, M. und Bednorz, A.; Maurische Architektur in Andalusien; Benedikt Taschen Verlag Köln 1992
3. Clot, A.; Al Andalus- Das maurische Spanien; Patmos Verlag, Albatros Verlag Düsseldorf 2004
4. Fernandez Alvarez, M.; Karl V. Herrscher eines Weltreichs; Wilhelm Heyne Verlag München 1999
5. Hintzen- Bohlen, B.; Kunst & Architektur Andalusien; Könemann Verlagsgesellschaft Köln 1999
6. Horst, E. in : Merian „Andalusien“ 12 XLIII/C
7. Jellicoe, G. und S.; Die Geschichte der Landschaft; Campus Verlag Frankfurt/New York 1988
8. Vilar, P.; Historia de Espana; RBA Coleccionables,S.A. para esta edición Pérez Galdós, Barcelona 2008
9. Granada- Sehen und Verstehen;

Thomas Duzia- August 2010

Bergische Universität Wuppertal



Fachbereich D – Bauingenieurwesen
LuF Baukonstruktion & Holzbau
Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. von Grabe

Thema: Die Kathedrale von Granada

Verfasser: Daniel Andreas Schaaf

Matr.- Nr.: 735944

Kathedrale von Granada

Als Monument des christlichen Glaubens nach der Reconquista wurde die Kathedrale von Granada, die bedeutendste der vier großen Renaissancekirchen Andalusiens, gebaut.



Im Folgenden gilt es die Zeit der Renaissance genauer zu beschreiben. Das Wort

„Renaissance“ heißt „Wiedergeburt“ und bedeutete eine Rückbesinnung auf die Antike. Das gilt für viele Lebensbereiche und Belange, auch den Baustil.

Eine direkte und augenscheinliche Rückbesinnung findet man zum Beispiel in der Säulenordnung mancher Renaissancebauten, die an griechische Tempel erinnern, oder an Portale oder Bögen, welche starke Parallelen zu den römischen Triumphbögen aufweisen.

Insgesamt wendet man sich vom strengen Gotischen weg, hin zu harmonischen, ausgewogenen Formen. Die horizontale und vertikale Ausrichtung spielt eine wichtige Rolle.

Gerade in der Renaissance, den Baustil betreffend, fällt die Verwendung geometrischer Formen auf. So sind Kreis, Dreieck und Quadrat wichtige Elemente.



Jede dieser Formen hat eine Bedeutung und kann, bezogen auf die Vorstellungen der Renaissance interpretiert werden. Der Kreis ist rund, hat demnach keinen Anfang und kein Ende, drückt somit Ewigkeit aus und symbolisiert so das Göttliche. In Verbindung

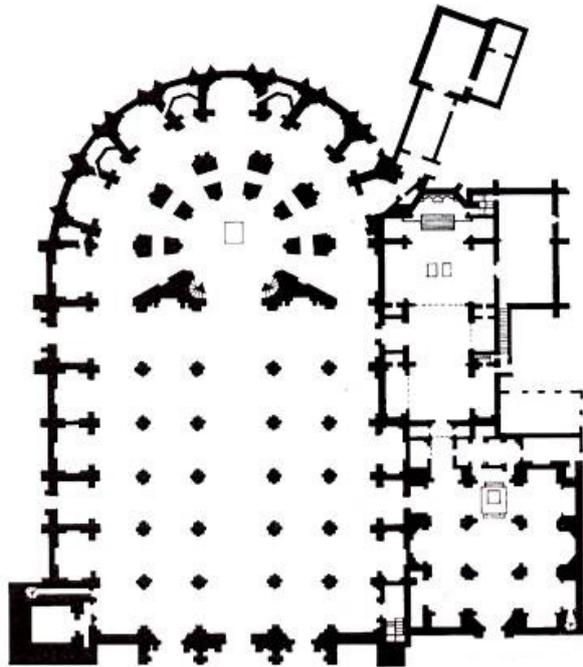
damit steht das Dreieck, welches durch die Anzahl seiner Ecken die Dreifaltigkeit Gottes widerspiegelt. Im Gegensatz zu diesen Formen steht das Menschliche, ausgedrückt durch das Quadrat, welches vier Ecken, die Zahl der Welt, der Himmelsrichtungen hat.

Diese Merkmale lassen sich am Bau feststellen und deuten, was auch in diesem Rahmen noch getan werden soll.

Die Entstehung und der Werdegang der Kathedrale

Nach der Befreiung Spaniens von den Mauren wollten Fernando und Isabel von Kastilien am letzten Ort ihres Triumphes, an dem sich die Mauren am längsten halten konnten, in Granada, bestattet werden und gaben den Bau einer Kathedrale und einer anliegenden „Königskapelle“ in Auftrag.

Die Kathedrale besteht aus fünf Schiffen und steht an der Stelle der zu maurischer Zeit bestehenden Hauptmoschee.



Obwohl der Bauauftrag 1492 von den Katholischen Königen erteilt wurde, dauerte es viele Jahre bis zum Beginn der Bauarbeiten im Herzen der Stadt Granada.

1523 wurde der Bau von Enrique Egas im Stil der Spätgotik begonnen. Fünf Jahre später, im Jahr 1528, übernahm Diego de Siloé, der erste spanische Baumeister der Renaissance, die Bauleitung. Doch die Arbeiten schleppten sich dahin:

1561 wurde das Gotteshaus unvollendet geweiht, 1703 schließlich brach man den Ausbau komplett ab. Aus den eigentlich von Diego vorgesehenen zwei Türmen wurde nur einer realisiert und das noch nicht einmal in der geplanten Höhe von 81 Metern, sondern nur mit 57 Metern. Die zweite Abweichung findet sich in der Fassade, denn diese wurde im Barock-Stil errichtet.

Die Kuppel über dem Hauptschiff erreicht eine Höhe von 47 Metern.

Der Innenraum

Der Innenraum überrascht mit ungeahnter Pracht.

Mit der Entfernung des Chors im Jahre 1929 entschwand das letzte Element, das den freien Blick durch den 116 Meter langen und 67 Meter breiten Kirchenraum



blockierte. Oberlichter und weißer Marmor sorgen dafür, dass jegliche kirchentypische Dämmerigkeit abhanden kommt. Die Wände werden von großflächigen, gerahmten Ölgemälden gesäumt, die biblische Motive im epochalen Stil der Renaissance wiedergeben.

Das Zentrum des Hauptschiffes bildet die Capilla Mayor, ein Halbkreis von 22 Metern Durchmesser, dessen Säulen die Statuen einiger Apostel schmücken.

Die oben beschriebenen

Merkmale der Renaissance haben auch im Innenraum der Kathedrale ihre sichtbare Auswirkung. Die Verwendung der typischen Formen des Kreises und des Quadrates fallen auf. Wenn man diese Formen deutet, so sieht man interessante Interpretationsmöglichkeiten, die mit dem Gedankengut der Renaissance koalieren. So ist zum Beispiel der Verbau eines Halbkreises mit etwas Quadratischem, die Verbindung des Göttlichen mit dem Menschlichen. Ein Beispiel dafür, ist der Verbau der Kuppel, die einen Halbkreis bildet, mit den darunter stehenden Säulen, die somit das Quadratische bilden.

Capilla Real

Blickfang des rechten Seitenschiffes ist das Portal zur Capilla Real, der Grabstätte der oben erwähnten Katholischen Könige und ihren Nachfahren Juliana die Wahnsinnige und Phillip der Schöne. Der Durchgang, der heute verschlossen ist, gilt als Meisterwerk der spätgotischen Steinmetzkunst und wurde nach Entwürfen von Enrique Egas realisiert. Über dem Wappen Kastiliens sind die heilige Jungfrau mit dem Jesuskind sowie der heilige Jakobus und der Drachentöter Georg dargestellt.



Links neben dem Portal ist ein großer Altar dem spanischen Nationalheiligen Santiago gewidmet, der hier in einer typischen Darstellung als Maurentöter gezeigt wird. Im Gegensatz zu dieser handelt es sich

bei der Grabstätte der christlichen Könige um einen kleineren, spätgotischen Kapellenbau. Die Fertigstellung der königlichen Kapelle erfolgte jedoch erst nach dem Tod des Herrscherpaars, das so lange im Franziskaner-Kloster auf dem Alhambra- Hügel eine vorläufige Ruhestätte fand.

Zur Gestaltung der Capilla Real wurde ebenfalls auf Marmor zurückgegriffen. Das plastische Grabmal zeigt den König mit Schwert in der Hand an der Seite seiner Gemahlin, zu Füßen der beiden sitzt ein Löwe. Zwei Statuen der Katholischen Könige flankieren auch den Flügelaltar mit geschnitzten biblischen Szenen von Felipe Vigarny. In der Sakristei der Capilla Real werden persönliche Gegenstände der Katholischen Könige aufbewahrt, darunter Kleidung, Krone, Zepter und das Schwert Ferdinands.

Bergische Universität Wuppertal



Fachbereich D – Bauingenieurwesen
LuF Baukonstruktion & Holzbau
Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. von Grabe

Thema: Bauen in
Erdbebengebieten

Verfasser: Elena Löwen
Matr.- Nr. 821265

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	- 3 -
Grundlagen des erdbebensicheren	
Bauens	- 4 -
Problematik	- 4 -
Grundkonstruktionen	- 6 -
Anmerkung	- 11 -
Literaturquelle	- 11 -

Bauen in Erdbebengebieten

Einleitung

Oft wird es in den Medien von Erdbeben aus der ganzen Welt berichtet. Meist wird es den schwersten Erdbeben Aufmerksamkeit geboten: Chili, Haiti, etc. Wenn man sich aber genauer mit dem Thema Erdbeben beschäftigt, dann sieht man, dass es sich jeden Tag an unterschiedlichsten Erdteilen viel mehr Erdbeben ereignen, als man denkt. Dies ist gut zu beobachten auf der Internetseite:

<http://geofon.gfz-potsdam.de/geofon//seismon/globmon.html>. Ebenso sieht man, dass auch Europa eines der Gebiete ist, wo es regelmäßig bebt.

Eines der europäischen Länder, wo es nicht stark aber oft bebt, ist Spanien. Aus der Abb.1 entnimmt man, dass Süden Spaniens als besonders erdbebengefährdet eingestuft ist. Es liegt daran, dass sich der Süden Spaniens nahe der Grenzlinie (der Bruchlinie) der beiden Erdplatten der



Euroasiatischen und der Afrikanischen befindet. Das letzte schwere Erdbeben, mit 6,5 – 7 nach der Größenordnung der Richter Skala, fand in Granada im Jahr 1884 direkt vor Weihnachten statt. Es wurden mehr als 800 Menschen getötet, 1 500 wurden verletzt und ca. 14 000 Gebäuden wurden zerstört.

Erinnern wir uns zurück an die Exkursion, so sehen wir, dass das Erdbeben für die Spanier eine große Rolle im Bereich des Bauingenieurwesens spielt. In der Universität Granada gibt es ein Labor, wo die Forscher und die Studierende sich mit dem Fall Erdbeben genauer befassen können.

Grundlagen des erdbebensicheren Bauens

Die grundlegenden Maßnahmen zum Bauen in Erdbebengebieten in Europa sind in der europäischen Norm *Eurocode 8* für die CEN-Mitglieder, Mitglieder des Europäischen Komitees für Normung, darunter auch Spanien und Deutschland, festgelegt. Die Ergänzungen werden in den nationalen Normen, in Spanien in der *NCSE-02* und in Deutschland in der *DIN 4149*, aufgeführt.

Eines der Unterschiede, die bei den nationalen Normen auftreten, zum Beispiel zwischen der spanischen und der deutschen Norm ist, dass in Spanien alle öffentliche Gebäuden wie Krankenhäuser, Schulen etc. ausschließlich nach den schärfsten Forderungen gegen Erdbeben gebaut werden. Dagegen in Deutschland wird es nur entsprechend der gegebenen Erdbebengefährdung gebaut.

Problematik

Bei einem Erdbeben kommt es an der Erdoberfläche zu zyklischen Bodenbewegungen, die Verschiebungen in horizontaler und vertikaler Richtung erzeugen, im Nahfeld kann es auch zu Neigungs- und Rotationsbewegungen führen. Dadurch werden die auf dem Boden befindlichen Bauten in Schwingungen versetzt. Die Trägheitskräfte, die dadurch im Gebäude entstehen, hängen von der Bodenbeschleunigung, der Größe, der Verteilung der Gesamtmasse und dem Schwingungsverhalten des Gebäudes.

Bodenbeschleunigung / Untergrund

Bodenbeschleunigung hängt sehr stark von der Art des Untergrundes ab. Daher sollte man schon vor der Planung den Boden untersuchen, denn je weicher und unverbundener die Bodenschicht ist, desto stärker treten die Bodenbewegungen auf, als bei einem felsigen Boden. Der felsige Boden hat stark verbundene Sedimentschicht, so dass diese Schicht keinen Resonanzeffekt erfährt. Unter weichem Untergrund versteht man lockere Talfüllungen, Hangschutt und auch Uferbereiche von Seen und Flüssen.

Schwingungsverhalten des Bauwerks

Grundlegend für das Schwingungsverhalten eines Bauwerks sind seine Massen- und Steifigkeitsverteilungen und daraus resultierende Eigenfrequenz der Baukonstruktion.

Sehr steife, gedrungene Baukonstruktionen haben eine sehr hohe Eigenfrequenz und unterliegen nur sehr kleinen Verformungen. Solche Gebäude sind z.B. gut ausgesteifte Bauwerke mit wenigen Geschossen. Wenn es zu einem Erdbeben kommt, bewegt sich ein solches Gebäude quasi wie ein starrer Körper.

Sehr weiche, schlanke Baukonstruktionen besitzen eine niedrige Eigenfrequenz, so dass sie sich stark verformen können, dabei aber nicht zerstört werden. Zu diesen Gebäudetypen zählen Türme, Maste, hohe und wenig ausgesteifte Bauten.

Am stärksten werden Gebäude mittlerer Steifigkeit beansprucht, weil durch die Bodenbewegung eine höhere Schwingbewegung als die des Gebäudes erreicht werden kann.

Noch ungünstiger für ein Gebäude ist es wenn es durch horizontale Erdbebenwellen in Torsionsschwingungen gerät, d.h. das Gebäude erfährt Drehschwingungen um eigene vertikale Achse. Dies passiert, wenn ein Bauwerk exzentrisch ausgesteift oder seine Masse ungleichmäßig verteilt ist.

Grundsätzlich sind die horizontalen Erdbebenwellen viel größer als die vertikalen. Da alle Bauwerke grundsätzlich schon auf hohe Vertikalkräfte ausgelegt sind, sollte man in erdbebengefährdeten Gebieten die Tragwiderstände der Bauwerke gegenüber größeren Horizontalkräften, die sich aufgrund der Bodenbewegung einstellen können, anpassen.

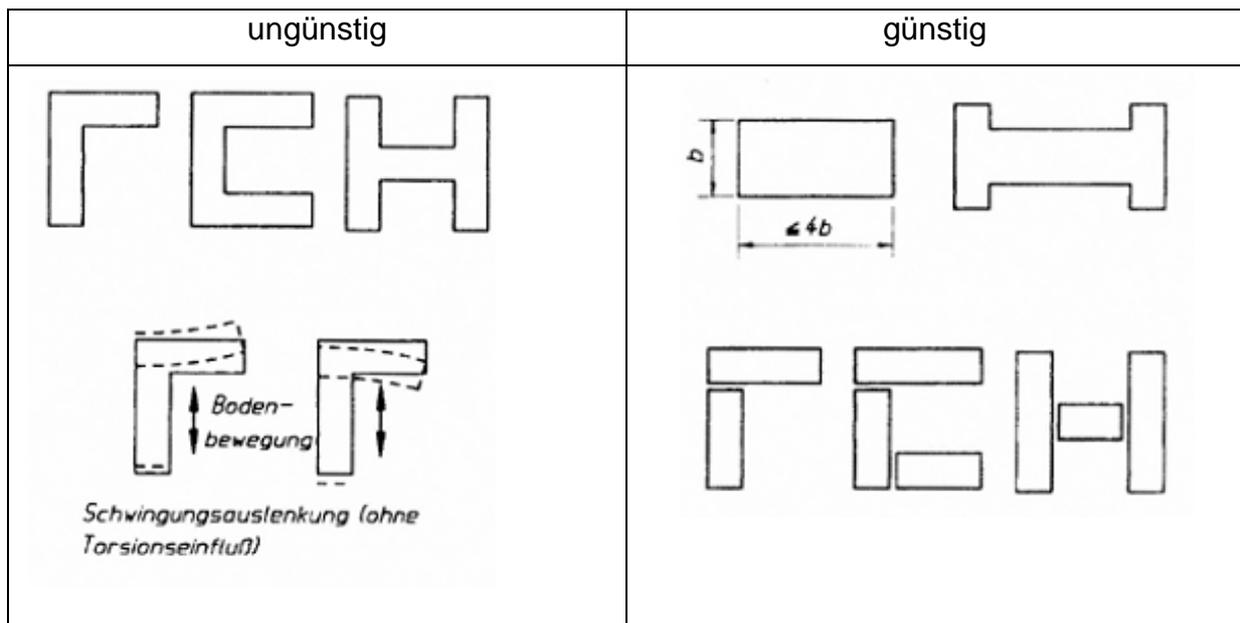
Grundkonstruktionen

Grundriss

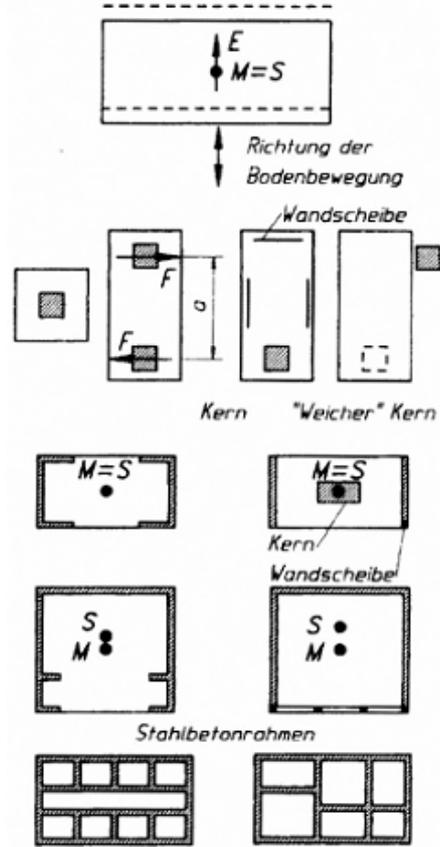
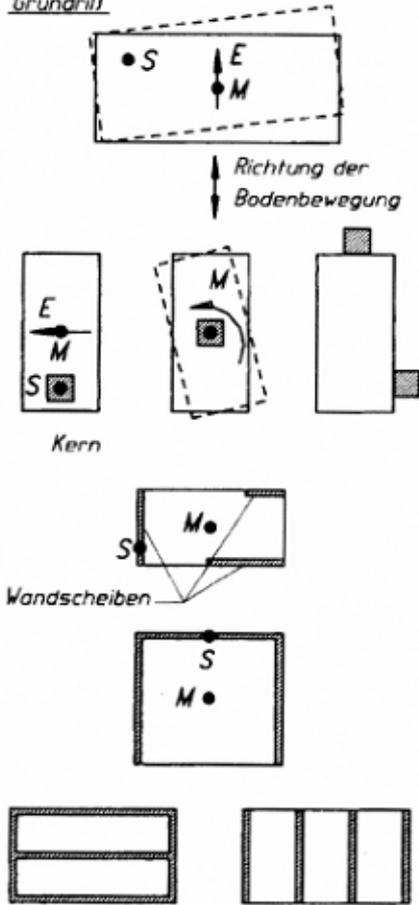
Der Grundriss soll möglichst eine einfache und rechteckige Form haben. Falls ein komplizierter Grundriss vorliegt (L-, T-, H- oder U-förmig) dann sollte dieser in einfache Formen zerlegt werden und wenn möglich sollten Fugen über die gesamte Höhe angeordnet werden.

Die Aussteifungselemente müssen so angeordnet werden, dass der Massenmittelpunkt M und der Schwerpunkt S möglichst nahe bei einander liegen. Dies kann erreicht werden durch symmetrischen Grundriss und symmetrisch angeordneten Aussteifungswänden. Dabei erfährt das Gebäude nur eine Parallelverschiebung. Sobald eine Asymmetrie des Grundrisses oder der Aussteifungswand vorliegt, fallen M- und der S-Punkt nicht mehr zusammen und es führt zur einer Verschiebung und Verdrehung.

Bei Geschossbauten mit gedrungenen Grundrissen sollte ein in der Mitte eingeordneter Einzelkern (z.B. Treppenhaus, Aufzug- oder Installationsschacht) eingeordnet werden. Bei langgestreckten Grundrissen sollte dieser noch durch zusätzlichen Kern oder Wandscheibe ausgesteift werden.

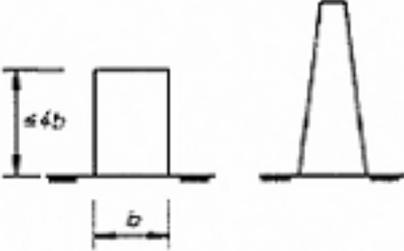
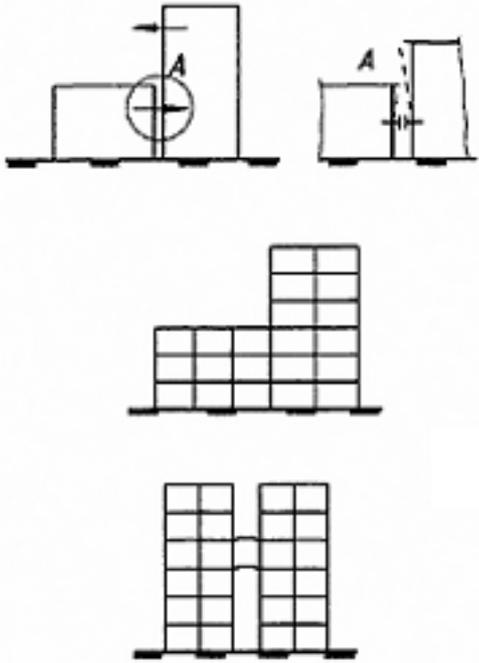


Verteilung von Massen
und Steifigkeiten im
Grundriß



Aufriss

Bei Bauwerken mit mehreren Geschossen sollte es über die Höhe eine gleichmäßig kontinuierlich nach oben abnehmende Steifigkeit angestrebt werden. Schwere Kopfmassen auf schlankem Unterbau sind zu vermeiden. Bauwerke mit sprunghaften Veränderungen der Steifigkeit oder mit weichen Zwischengeschossen sollen möglichst vermieden werden.

ungünstig	günstig
	
	

Materialien, Bauteile

Sinnvoll bei einem Bauwerk im Erdbebengebiet ist es die Verwendung von redundanten Traggliedern, von duktilen Materialien und/ oder Verbindungsmitteln. Lose, schwere aufliegende Bauteile sollen gesichert werden um beim Erdbeben nicht ins Rutschen zu kommen und somit zusätzliche schwere Schäden zu vermeiden.

Gründung

Die Gründung soll auf einem möglichst gleichartigen Untergrund und in der einheitlichen Tiefe liegen. Böden mit Gefahr der Verflüssigung sind zu vermeiden. Untergeschoss soll als ein „steifer Kasten“ ausgebildet werden.

Bei schwierigen Baugrundverhältnissen sollte man einen Baugrundsachverständigen hinzuziehen.

Decken

Geschossdecken haben die Aufgabe alle horizontalen Lasten auf die Aussteifungselemente zu verteilen. Daher muss Decke als eine ausreichend bewehrte monolithische Gesamtscheibe ausgebildet werden. Sind Geschosse an unterschiedlichen Höhen zu bauen, so sind besondere konstruktive Maßnahmen zur Kraftübertragung über den Deckensprung erforderlich.

Darüber hinaus sind viele andere Faktoren und Konstruktionen zu berücksichtigen.

Anmerkung

Planung

Schon bei der Planung sollten Architekten und zuständige Bauingenieure zusammenarbeiten, damit mögliche Konflikte untereinander und um Faktor Kosten gar nicht auftreten.



Forschung

Schon seit mehreren Jahren wird es in Gebieten, die den Erdbeben unterworfen sind, um das erdbebensichere Bauen geforscht.

Im Jahr 1923 stellte ein japanischer Ingenieur einen Entwurf zu einem erdbebensicheren Hochhaus vor. Es sollte ein Untergrundbau darstellen und hieß Depthscaper. Diese Idee kam ihm aufgrund weniger Zusammenstürze in den Tunnelbauten infolge Erdbeben. Er begründete es damit, dass das Gebäude sich mit der Erde bewegen würde und somit nur zur kleinen Schäden führen würde. Doch sein Projekt wurde aufgrund der hohen Kosten abgelehnt.

Heute entwerfen Forscher Materialien, wie Tapete gegen Erdbebenschäden mit Textil-

Mörtel-Verstärkungssystem. Das „Intelligent composite seismic wallpaper“ besteht aus einem Textilmaterial mit vier verschiedenen Faserrichtungen, das in einen Mörtel eingebettet wird. Diese sollen Mauerwerksbauten in Erdbebengebieten verstärken, schützen und stabilisieren. In italienischer Stadt Pavia wird eine solche Tapete an einem stark beschädigten Gebäude getestet.

Geschichte

Bedenkt man solche Fakten, dass man erst in vorherigem Jahrhundert sich richtig mit dem Bau in Erdbebengebieten auseinandergesetzt hat, so ist man erstaunt, darüber dass es schon vor tausend Jahren Menschen gegeben haben soll, die über gewisse Kenntnisse verfügten und erdbebensicher bauten.

So wurde es in Cordoba beim Bau der Moschee berücksichtigt, dass die Bögen in Abwechslung von Naturstein und Ziegel innerhalb des Bogens gebaut wurden. Dies ermöglichte ein duktileres Verhalten der Konstruktion, was bei einem Erdbeben von Vorteil ist. Auch in Granada beim Bau des Rathauses, das am Ufer des Flusses und somit auf sandigem Untergrund gebaut werden sollte, wurden bestimmte konstruktiven Maßnahmen durchgeführt um das Zerstören des Gebäudes während des Bebens zu verhindern.

Literaturquelle

Erdbebensicher Bauen, Baden-Württemberg Wirtschaftsministerium, 2008
Erdbebensicheres Bauen mit Trockenbau-Systemen, Knauf Gips KG, 2008

<http://es.wikipedia.org/wiki/NCSE-02>

<http://blog.modernmechanix.com/2006/06/01/depthscrapers-defy-earthquakes/>

<http://idw-online.de/pages/de/news364319>

<http://geofon.gfz-potsdam.de/geofon//seismon/globmon.html>

Inhaltsverzeichnis

1	Begriffserklärung	2
2	Siedlungsgeschichte	2
3	heutiges Ausmaß der Alhambra - einige Zahlen	2
4	Rundgang durch die Alcazaba	3
5	Quellennachweis	7

1 Begriffserklärung

- Alcazaba: Festung, Zitadelle
- Alhambra: vermutlich vom *arabischen qasr al-hamra*, „Die Rote“

2 Siedlungsgeschichte

- **ab 711: erste Besiedelung**
Berberstämme aus Nordafrika besiedelten unter der Führung des arabischen Eroberers Tariq ibn Ziyad Teile der iberischen Halbinsel. Diese spanischen Gebiete unter maurischer Herrschaft bezeichnet man von dieser Zeit an als Al-Andalus.
- **ab 1031: Berberdynastien der Ziriden, Almoraviden, Almohaden**
Seit 1012 gewann der Berberführer Zawi ibn Ziri aus Marokko in Granada an Macht und Einfluss, im Jahre 1031 nach dem Zusammenbruch des Kalifats von Córdoba machte er die Stadt unabhängig. Seine Nachkommen, die Ziriden, wurden später von den religiös motivierten Berberherrschern der Almoraviden sowie der Almohaden abgelöst, die aber den Gebäudekomplex nicht nachweislich verändert haben.
- **1238: Die Nasriden**
Der Eroberer Muhammad ibn Yusuf ibn Nasr, genannt Al-Ahmar (der Rote), begründete in Al-Andalus seine eigene Dynastie, die Nasriden. Er veranlasste vermutlich direkt nach seiner Machtübernahme den Ausbau der Befestigungsanlage. Einige Generationen nach ihm wurden dann die prächtigen Nasridenpaläste erbaut.
- **1492: Reyes Católicos**
Nach wochenlanger Belagerung der Alhambra durch Truppen der Reyes Católicos (Isabella und Ferdinand von Kastilien und Aragon) kapitulierte Mohammed XII, genannt Boabdil und übergab am 2. Januar 1492 die Festungsanlage an die gegnerische, christliche Seite. Damit war die letzte Bastion der Mauren auf der iberischen Halbinsel gefallen, die Reconquista feierte ihren endgültigen Sieg.

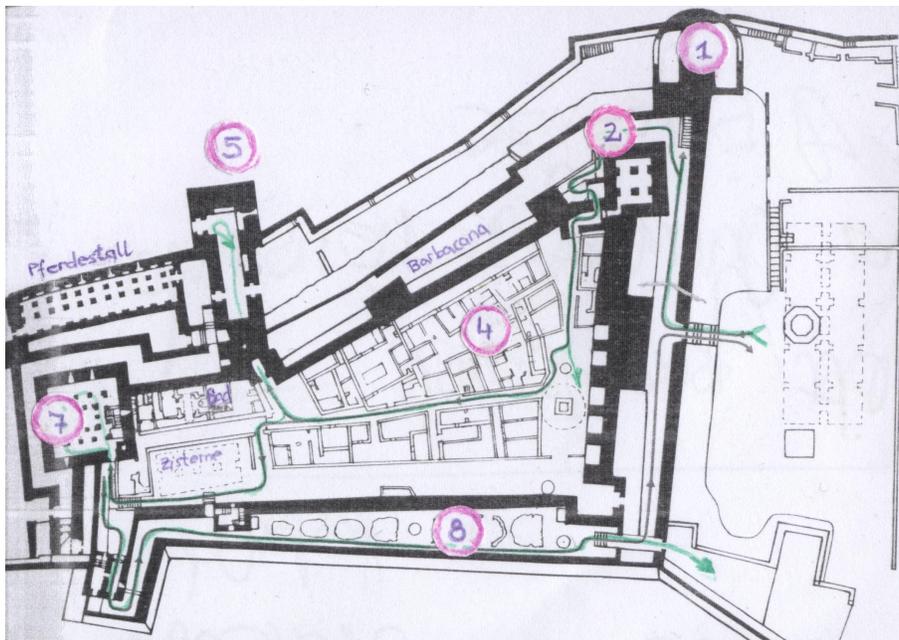
3 heutiges Ausmaß der Alhambra - einige Zahlen

Die Alhambra liegt taktisch klug auf einem Ausläufer der Sierra Nevada sowie zwischen den Flüssen Darro und Genil. Sie umfasst:

- 13ha Grundfläche
- 23 Türme
- 4 Tore
- 1 Vorwerk (Torres Bermejas)
- ein Dutzend Verliese davon 3 auf dem Gelände der Alcazaba

Zu erwähnen ist außerdem, dass die Alhambra und damit auch die Alcazaba etappenweise errichtet wurde. Das Bild, das wir heute sehen können, ist also für keine Zeit wirklich repräsentativ. Besonders von den letzten Eigentümern, den Reyes Católicos, wurden bewusst einfache Bauten abgerissen, während die vorhandenen Türme, Tore und Paläste weiter als Wohn- und Verhandlungsräume genutzt wurden. Ein herausragendes Beispiel für die Verfälschung der Anlage ist natürlich der ab 1516 erbaute Renaissancepalast Karls V.

4 Rundgang durch die Alcazaba



1. **Torre del Cubo (Rundturm)**

Dieser halbrunde, in die Vormauer eingepasste Turm wurde erst im 16. Jahrhundert von den Reyes Católicos erbaut. Seine genaue Bestimmung ist bis heute nicht erkannt worden.

2. **Torre Homenaje (Bergfried)**

Vom Torre del Cubo aus läuft man zunächst um den Fuß des Torre Homenaje herum. Dieser Bergfried, mit mehr als dreißig Metern in fünf Geschossen der höchste Turm der Anlage, war hier eines der ersten militärischen Bauwerke der Nasriden. Sein Eingang befindet sich hinter einer kleinen Schutzmauer, die ihn für den entfernten Beobachter unsichtbar macht. Diese Bauweise ist noch nach dem Vorbild almohadischer Defensivarchitektur entstanden und für andere Tore übernommen worden.

Betritt man nun die Alcazaba durch diesen ursprünglichen Eingang, fällt auf: Der Weg knickt mehrfach orthogonal ab und zwingt den Besucher, seine Gangrichtung zu ändern. Für einen potentiellen Eindringling ist so nicht erkennbar, was ihn erwartet, während er gleichzeitig von oben aus dem Turm beobachtet und, wenn nötig, abgewehrt werden kann.

Eine weitere Besonderheit, die man leider nicht direkt beobachten kann (da die Zimmer des Turms nicht zugänglich sind), ist die Variation im Aufbau von unten nach oben. Die Erbauer hatten bereits erkannt, dass zur statischen Standsicherheit unten dickere Mauern als oben notwendig sind. So werden also die tragenden Außenmauern nach oben immer schmaler, während gleichzeitig die Gewölbe, die die einzelnen Geschosse überspannen, komplexer ausgeführt worden sind. Hier zeigt sich die in vielen Teilen der Alcazaba zu findende Symbiose zwischen militärischer Zwecks- und ziviler Prestigearchitektur. Schließlich waren gerade die größeren Türme in Friedenszeiten beliebte Wohnungen für höher gestellte Funktionäre.

3. **Verliese**

Im Untergeschoss des eben besichtigten Torre Homenaje befindet sich eins der drei Festungs-Verliese. Das Zweite befindet sich unter dem Wachturm der Anlage, den wir noch besteigen werden; auf das Dritte laufen wir nun zu.

Im Gegensatz zu den anderen beiden handelt es sich hier um ein eigenständiges Bauwerk, seine Form ähnelt einer in den Boden eingelassenen bauchigen Flasche. Durch den engen, mit Ziegelmauerwerk eingefassten Hals wurden die Gefangenen in das Verlies gestoßen/ hinabgelassen, auf dem Grund befinden sich abgetrennte Zellen. (Die Wendeltreppe wurde erst 1930 zur einfacheren Begehbarkeit angebracht!) Wie annähernd alle Bauwerke der Alcazaba wurden auch die Verliese zu Friedenszeiten zweckfremd genutzt: Als Getreidespeicher sowie als Gewürz- oder Salzlager!

4. **Plaza de las Armas (Waffenhof)**

Wir stehen nun bereits auf dem Waffenhof der Festung und erreichen das Barrio Castrense. Dieses Wohnviertel der Elitetruppe des Sultans war ein völlig eigenständiger Bereich der Alhambra, mit allen notwendigen Ein-

richtungen: Auf der rechten (nördlichen) Seite kann man die Überreste von angeblich 17 Wohnungen sehen, gegenüberliegend geräumigere Gebäudestrukturen, die vermutlich als Speicher oder in Kriegssituationen auch als Kasernen genutzt wurden. Geht man weiter gelangt man zur unterirdischen Zisterne (links) und zum eigenen Bad (rechts). Der Aufbau des Bades lässt sich vor allem von oben noch gut erkennen.

5. **Puerta de las Armas (Waffentor)**

Dieses Tor war nach seiner Erbauung Ende des 13. Jhdts. lange Zeit der einzige Eingang in die Alhambra, stellte also die Hauptverbindung zur Stadt her. Der Durchgang folgt den gleichen Prinzipien wie der des Torre Homenaje, das Tor hat aber eine viel größere Plattform auf dem Dach. Diese konnte zum Aufstellen größerer Waffen und Truppen genutzt werden, was dem Tor seinen Namen gegeben hat.

6. **Mauern**

Von oben fällt sofort das System aus Mauer und Vormauer ins Auge, mit einem dazwischen liegenden Wehrgang (Barbacana).

Die innere Befestigung stammt aus ziridischer Zeit; sie ist im Norden durch drei relativ kleine Türme verstärkt, um die Stadtviertel besser im Auge behalten zu können, im Süden war die Ebene sowie die Anschlussmauer der Torres Bermejas durch den Torre de la Polvora (Pulverturm) gut überwachbar.

Die äußere Vormauer wurde dann im 13. Jhd. im Zuge des Ausbaus nach ihrer Machtübernahme von den Nasriden hinzugefügt. Sie führte bis zum Rio Darro und war an die Schutzmauer des Albaicín und des Sacromonte angeschlossen, von der wir nur noch einen kleinen Überrest sehen können, die aber die beiden Viertel einstmals vollständig umfasste. Auf der Südseite gab es einen Übergang zum Vorwerk, den Torres Bermejas. Nord- sowie Südmauer laufen auf den imposanten Wachturm zu.

7. **Torre de la Vela (Wachturm)**

Der größte und mystikreichste Turm der Alcazaba hat im Laufe der Geschichte auf verchiedeste Namen gehört. Neben dem heutigen, der „Turm der Winde“ bedeutet, nannte man ihn z.B. auch Sonnenturm (weil sein Schatten wie der Zeiger einer Sonnenuhr über den Waffenhof wandert) oder Glockenturm (warum, haben wir auf dem Dach gesehen).

Man betritt den Turm durch eine vergrößerte Schießscharte(!), denn der ursprüngliche Eingang ist bis heute verborgen geblieben. Im Erdgeschoss fallen direkt die ungewöhnlichen zwei Gänge auf, die um einen relativ kleinen quadratischen Mittelraum herum nach oben führen. Auch in diesem Turm variiert die Gewölbeform der einzelnen Stockwerke vom Einfachen zum Komplexen hin (was leider wieder nicht zu besichtigen ist, da nur Treppenhaus und Dach des Turms zugänglich sind).

Auf dem Dach angelangt bietet sich ein einmalig guter Überblick über die gesamte Alhambra und die Stadt Granada. Die historischen Viertel Albaicín und Sacromonte am Rio Darro im Norden sind genauso gut über-

blickbar wie die Talebene des Rio Genil bis hin zur Sierra Nevada im Süden. Von hier erschließt sich auch das Zusammenwirken der bereits erläuterten Mauerstrukturen inklusive der Torres Bermejas.

Der Dachrand des Turmes war einstmals von hohen Zinnen gesäumt, die allerdings im Laufe der Zeit durch immerwiederkehrende Erdbeben gänzlich zerstört wurden. Die heutige Attika wurde vermutlich von den christlichen Eroberern ergänzt, als diese die Glocke am östlichen Rand aufstellten. Früher den Lebensrhythmus der Stadt einläutend wird sie heute nur noch für eine ganz besondere Tradition benutzt: Am 2. Januar, dem Tag der Eroberung durch die katholischen Könige, besteigen junge Frauen den Torre de la Vela und läuten die Glocke, zum Gedenken an jenen bedeutenden Tag und im Glauben, dadurch im nächsten Jahr ihrem zukünftigen Ehemann zu begegnen.

8. **Jardin de los Adarwes (Wehrgangsgarten)**

Der südliche Barbacana (Wehrgang) wurde im 17. Jahrhundert mit Erde aufgefüllt und zu einem parkartig angelegten Garten umgestaltet, durch den wir die Alcazaba verlassen und unseren Rundgang beenden.

5 Quellennachweis

- Jules Greycy: Die Alhambra zu Granada, VMA-Verag, Wiesbaden 2000
- Offizieller Führer des „Patronato de la Alhambra y Generalife“: Die Alhambra und der Generalife,
- zum Vergleich: <http://de.wikipedia.org/wiki/Alhambra>

Bergische Universität Wuppertal



Fachbereich D – Bauingenieurwesen
LuF Baukonstruktion & Holzbau
Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. von Grabe

Thema: Höhlenbauten Sacromonte

Verfasser: Rowena Verst
Matr.- Nr. 844967



Höhlenwohnungen in Granada auf dem Sacromonte. Foto: Rowena Verst

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	3
2. Höhlenbau – konstruktiv	4
3. Höhlenbauten Sacromonte	
3.1 Geschichte	5
3.2 Namensgebung und Legende	6
4. Leben in einer Wohnhöhle	7
5. Andere Wohnhöhlenstandorte	8
6. Quellen	9

1. Einleitung

Das allgemeine Bild – feucht, dunkel, kalt – einer Höhle verleiht nicht unbedingt den Eindruck von Wohnbarkeit. Diese Eigenschaften treffen auf natürlich entstandene Höhlen (v. a. in Karstgebieten) zu.

Wohnhöhlen bzw. Höhlenbauten sind dagegen künstliche Höhlen. Es handelt sich um subtraktive Architektur, d. h. es wird vor allem entfernt und ausgegraben.

Diese künstlichen, selbsttragenden Erdaushöhlungen sind also von vornherein zur Nutzung gedacht und bieten so auch die gesuchten Eigenschaften.

Günstige Böden sind vor allem tonhaltig: zu Anfang feucht, weich, also leicht auszuhöhlen, dann aber nach Austrocknung sehr stabil und tragfähig durch die eigene Festigkeit.



In Granada im Albaicín (auf dem Sacromonte, siehe Bild) beispielsweise findet sich vor allem kompaktiertes Konglomerat zementiert mit Ton/Feinsand.

In Guadix (Provinz Granada) besitzt der Boden sogar einen Tonanteil von 50-100%

(Lössablagerungen).

Wohnhöhlen in Guadix, Andalusien. Foto: Karl Hofer, <http://www.nzz.ch/nachrichten/...>

2. Höhlenbau – konstruktiv

Wie wird eine Höhle aber nun eigentlich gebaut?

Zuerst muss natürlich das Hügelprofil gemäß einem Dreieck abgetragen werden, damit eine senkrechte Fassade entsteht, wobei man genug Mächtigkeit für die Deckenschicht berücksichtigen muss. Bei einer lichten Höhe in der Wohnung von circa 2,70 m sollte man also ungefähr 5 m senkrechte Fassade schaffen.



Wohnhöhle mit ausgebauter Front. Foto: <http://conny.dahost.net/hoehle/Granada.pdf>

Nun wird ein Halbkreis als Eingangstür gegraben. Kreisförmig, denn in Wohnhöhlen – wie erwähnt tragfähig durch die ihnen innewohnende Bodenfestigkeit wird die Deckenlast durch Rundbögen abgetragen.

Durch die Eingangstür kann man nun beliebig Räume und Wohnungsstrukturen in den Hügel graben. Beachten sollte man grob eine Deckendicke von mindestens

2,50 m, eine Wanddicke von circa 1,5-3,0 m und eine –länge von 3-3,5 m. So ist die Tragfähigkeit von Decke und Wänden im Allgemeinen gesichert.

Die geschaffenen Oberflächen werden dann zum Verkleiden und Glätten mit Gips/Kalk verkleidet. Durch den Einsatz von Rigipsplatten kann man eine „normale“, eckige Wohnung schaffen.

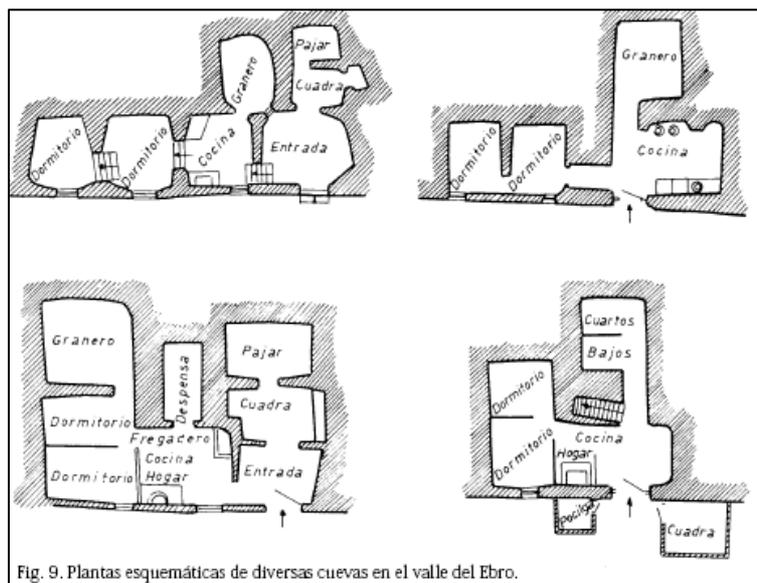


Fig. 9. Plantas esquemáticas de diversas cuevas en el valle del Ebro.

Wohnungsstrukturen. Quelle: „Arquitectura popular. Las cuevas en España – capítulo I“, S. 13

3. Höhlenbauten Sacromonte



Sicht von der Alhambra in Granada auf den Sacromonte und das darunter liegende maurische Viertel Albaicín. Foto: Rowena Verst

3.1 Geschichte

Wie aber sind die Wohnhöhlen in Sacromonte entstanden?

Eindeutige, handfeste Fakten hat man nicht über die Entstehung der Höhlen. Es gibt allerdings einige Theorien.

Meist beginnen sie mit der Vertreibung der Muslimen und Juden durch die Christen (Katholischen Könige Fernando von Aragón und Isabel von Kastilien) und der Entstehung des heutigen christlichen Spaniens.

Die Mauren waren Anfang des 8. Jahrhunderts von Afrika nach Europa gekommen und hatten die iberische Halbinsel in Besitz genommen. Mit der Zeit wurden sie von den Christen von Norden nach Süden wieder zurückgedrängt. Diese Reconquista dauerte fast 8 Jahrhunderte und endete 1492 mit der Eroberung Granadas durch die Katholischen Könige, der letzten und größten Hochburg der Mauren.

Muslimen und Juden hatten also über Jahrhunderte im heutigen Spanien gelebt und eine neue Heimat gefunden, vor allem in Granada (Albaicín), das als Refugium für von Norden fliehende Mauren galt. Um der Vertreibung zu entgehen, flohen die granadinischen Mauren in

die Höhlen, die außerhalb der Kontrolle der Stadtverwaltung lagen, außerhalb der Greifbarkeit der Kirche, frei am Rande der Gesellschaft boten sie ein Refugium.

Im 15. Jahrhundert stoßen dann nomadische Zigeuner (Roma) hinzu. Sie waren von Asien über Afrika, Europa, Flandern, nach Spanien gekommen und brachten vor allem Künstler und Handwerker und ihre eigene Sprache mit: el calé (gehört zum indischen Sanskrit).

In diesem Schmelztiegel von maurischer, christlicher und nomadischer Musik- und Tanzkultur entwickelte sich so eine eigene Kultur und vor allem der Flamenco (Flamencos= die Flamen), in der Granadahöhebene die „zambra“. Vor allem die Kultur der Roma färbte ab. So ist Sacromonte heute ein traditionelles Zigeunerviertel.

Neben Mauren und Zigeunern stoßen im 19. Jahrhundert aufgrund allgemeiner Armut Bauern vom Land in die Höhlen.

3.2 Namensgebung und Legende

Im Besitz der Mauren gehörte das Gebiet zum „Valle de Valparaiso“ (ungefähr: Tal des Paradieses). Diese Namensgebung rührt vielleicht vom nahegelegenen Rio Darro (de oro = aus Gold) mit Goldvorkommen und wunderschönen Landschaften.

Vielleicht entstammt sie aber auch einer alten Legende zum „Barranco de los Negros“ (Berghang der Schwarzen):

Barranco de los Negros

Gemäß der Legende versteckten reiche Araber während der Reconquista ihre Reichtümer im Berg, aus Angst, auf der Flucht ins afrikanische Exil von katholischen Soldaten beraubt zu werden und in der Hoffnung, eines Tages in die Heimat zurückkehren zu können. Ihre größtenteils afrikanischen Sklaven, die davon wussten, ließen sie ebenfalls dort, um während der Reise Geld zu sparen.

Diese fingen also an, im Berg nach den Schätzen zu graben. So entstanden Wohnhöhlen („casa-cuevas“), in denen sie sich mit der Zeit niederließen. Ob je etwas gefunden wurde, weiß man nicht.

Doch auch für die Christen hatte der Berg eine Bedeutung.

Im 16. Jahrhundert wurden dort Reliquien und heilige Texte gefunden, das heißt die Gebeine des heiligen Cecilio und Bleibücher in arabischer Inschrift über seine Geschichte. Mit der Reconquista und Christianisierung Granadas wurde der Berg so in „Sacromonte“ (heiliger Berg) umbenannt.

Heute sind die ehemaligen Fundorte „santas cuevas“(heilige Höhlen).

4. Leben in einer Wohnhöhle



Wohnhöhle in Albacete, Spanien, Foto: <http://www.casacuevarural.com/imagenesalojamien..>

Bauphysikalisch sind Wohnhöhlen durchaus vorteilhaft. Wie gut, das hängt natürlich v. a. von der jeweiligen Bodengeologie (auch Wasseraufnahmekapazität) und der Spitzenniederschlagsmenge ab.

Dicken Wände und Decken sorgen für:

- eine gute Wärmespeicherung: Das ganze Jahr über herrscht eine gleichmäßige Raumtemperatur von ungefähr 20°C (Granada) je Standort. Je tiefer in der Erde, desto geringer sind die Temperaturschwankungen.
- ein angenehmes Raumklima durch die warme Strahlung von Wänden und Decken, v. a. für Allergiker. Feuchte Wände (Kondenswasser) sind wegen der Dicke der Wände eher nicht zu befürchten.
- ausreichenden Lärmschutz
- die Erdbebensicherheit (und Sturmsicher durch ihre Lage unter der Erde)
- einen natürlichen Brandschutz, der, verglichen mit Holz z. B., sehr gut ist.

Licht und Frischluft erhält man durch eine möglichst lichte Außenfassade, gut isolierte Oberfenster mit passiver Entlüftung und Lichtschächte, die sogar in 8 m Tiefe Licht ohne Helligkeitsverlust bieten können (Skylight). Strom- und Wasserversorgung sind auch Grundausstattung.

5. Andere Wohnhöhlenstandorte

Nicht nur in Granada entdeckten v.a. Flüchtlinge, Nomaden (Roma), Handwerker oder Künstler Wohnhöhlen als attraktive Behausung.

In Guadix (Provinz Granada), einer von durchaus einigen spanischen Wohnhöhlenstätten, befindet sich der größte Höhlen-Wohnbezirk Spaniens mit über 2000 Höhlen.

Aber auch einigen anderen Teilen Europas und der Welt entwickelte sich eine solche Wohnstruktur, vor allem in wärmeren Gebieten wie Italien (Matera, Sardinien), Griechenland (Kreta, Santorin), Mexiko (Tarahumara), aber auch in den USA (St. Louis), Frankreich (Dordogne, La Madeleine), England (Kinver) und Deutschland (Kallmünz, Langenstein) etc.

Einige dieser Höhlenwohnungen sind heutzutage nur noch als Museum zu besichtigen (z. B. die Petershöhle in Deutschland oder die Madeleine in Frankreich). Viele Höhlen sind aber tatsächlich noch bewohnt, manche spärlich, manche luxuriös ausgestattet. Teils entwickelte sich sogar eine Art Höhlentourismus (z. B. Galera, Spanien). So wurden Wohnhöhlen zu Hotels umfunktioniert oder einzelne Wohnungen an Touristen vermietet.



„Haus ohne Dach“ Kallmünz, Deutschland
Foto: http://de.academic.ru/pictures/dewiki/49/130505_haus-...

Unterirdisches Wohnen in Höhlen ist also durchaus verbreitet.

6. Quellen

- 1) „Historie – Der Sacromonte“, <http://www.sacromontegrana.com/historia.php?num=3>
- 2) „Wohnhöhlen: Vom sonnigen und gemütlichen Leben in der Erde“, Conny Dahost, <http://conny.dahost.net/hoehle/>, 15.05.2010
- 3) „Die Kunst der Konstruktion von Wohnhöhlen“, Conny Dahost, http://conny.dahost.net/hoehle/#_%28Die_Kunst_der, 15.05.2010
- 4) „Wohnhöhlen“ Wikipedia, <http://de.wikipedia.org/wiki/Wohnh%C3%B6hle>, 15.05.2010
- 5) Entstehung des Flamenco, <http://www.korona-tanz.de/hintergruende/flamencogeschichte.html>, 20.06.2010
- 6) „Aquitectura popular. Las cuevas en España – capítulo I“, <http://www.guillenderohan.com/EXPOGRII/memoriacrevillente/Capitulo1-ParteA.PDF>, 15.05.2010
- 7) Wohnhöhle in Albacete, <http://www.casacuevarural.com/Casas-Cueva/ALBACETE/Jorquera/65/Cuevas-Al-Axara>, 05.07.2010
- 8) „Die Höhlenbewohner von Guadix“, Neue Züricher Zeitung, 12.11.2008, http://www.nzz.ch/nachrichten/panorama/die_hoehlenbewohner_von_guadix_1.1251622.html 05.07.2010
- 9) „Haus ohne Dach“ Kallmünz, http://de.academic.ru/pictures/dewiki/49/130505_haus-ohne-dach-kallmuenz_1-640x480.jpg, 05.07.2010

Bergische Universität Wuppertal



Fachbereich D – Bauingenieurwesen
LuF Baukonstruktion & Holzbau
Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. von Grabe

Thema: Albaicin

Verfasser: Schneider Kristin
Matr.- Nr. 910490

Albaicin

In der Ausarbeitung geht es um das Stadtviertel Albaicin, welches sich in der Stadt Granada in Andalusien befindet. Geographisch gesehen befindet sich das Viertel - genannt „der Albaicin“ - auf einem der drei Bergrücken, auf der die Stadt Granada gebaut wurde. Das Wohnviertel ist in Richtung Süden ausgerichtet.



Abb.1: Blick auf Albaicin von der Alhambra

Aus der Geschichte ist bekannt, dass das Viertel als Fluchtsstätte angedacht war. Albaicin wurde zu der Regierungszeit von Mohammed ibn Yusuf ibn Nasr im Jahr 1232 erbaut, vor dem Hintergrund, dass die Mauren aus dem Norden Spaniens weitestgehend vertrieben wurden. Auch Mohammed, der ein guter Krieger und Diplomat gewesen sein soll, unterstellte sich 1236 Ferdinand von Kastilien.

Der Albaicin wurde ein Refugium der Gläubigen aus ganz al Andalus und erfuhr dadurch auch einen bedeutenden wirtschaftlichen Aufschwung. Im Albaicin sind die Häuser in vielen verwinkelten Gassen angebracht, weil im Jahr 1000, in orientalischen Städten sogar bis heute, großen Wert auf die Privatsphäre der Familie gelegt wurde.



Abb.2: Gasse im Albaicin

Betrachtet man Granada fällt einem sofort die „andere Bauweise“ des Albaicins ins Auge. Die restliche Stadt ist geprägt von typisch spanischen Häusern die sowohl christlich als auch maurisch geprägt und ganz im mediterranen Stil gebaut sind. Die Häuser im Albaicin hingegen bestehen aus lauter kleinen und weiß gestrichenen Häusern. Die weiße Farbe hängt mit der Klimatisierung der Häuser zusammen und regelt im Sommer die Innentemperatur.

Allgemein sind die Häuser eher klein und besitzen meist einen Innenhof, in dem das Familienleben stattfindet. Betrachtet man das Viertel genauer

kann man mehrere, für eine „Orientalische Stadt“ typische, Merkmale feststellen.

Typisch für eine (heute noch vorkommende) orientalische Stadt ist, dass die Häuser klein sind und die Höfe meist innen liegen, sodass die Familien abgeschirmt von der Öffentlichkeit leben können. Damals wurde auch das Arbeiten und Wohnen streng voneinander getrennt.



Abb.3: Straßenplan Albaicin - Sackgassenmuster

Auch das Straßenmuster ähnelt dem einer orientalischen Stadt. Die Straßen sind nicht schachbrettmusterartig angelegt, so wie man es aus der abendländischen Kultur gewohnt ist, sondern die Gassen sind wirr und sackgassenartig angeordnet. Man nennt dies auch das

Sackgassen-grundrissmuster. Die Sackgassen waren damals die privaten Straßen und die durchgängigen die öffentlichen Straßen. Dies half ebenfalls die Privatsphäre der Familien zu schützen.

Nennenswert für den Albaicin ist sein Zentrum, die Plaza Larga, mit seinem lebendigen Markt. Durch die Puerta de los Pesos kommt man zum Mirador de San Nicolás. Dort befindet sich auch die gleichnamige Kirche. Von diesem Platz aus hat man einen der schönsten Ausblicke auf Granada, die Alhambra und die Sierra Nevada.



Abb.4: Straßenplan West-Granada - Schachbrettmuster



Abb.5: Basarstraße Albaicin

Folgt man dann den pitoresken Gassen bergab in Richtung Süden, kommt man an sehr belebten Teestuben und Läden vorbei, in denen man Gewürze, Tee, Handtaschen und z.B. Kleidung kaufen kann.

Seit einigen Jahren ist der Albaicin wieder zu einem beliebten Wohnort geworden und erfreut sich immer größerer Begeisterung und Zuwachs.

Im Jahre 1994 wurde der Albaicin zum Weltkulturerbe der UNESCO.

Literaturverzeichnis

Clot A. (2002): Al Andalus – Das maurische Spanien

Nitzschke M. : Urlaub.info; <http://www.urlaube.info/Andalusien/Granada.html>; Stand: 05.09.2010

Lichtenberger E. (1998): Stadtgeographie 1.-Stuttgart

Viva Granada: <http://www.vivagranada.com/albaicin/sannicolas.htm>; Stand 05.09.2010

Bildverzeichnis

Abb.1: Kristin Schneider; Private Fotosammlung Andalusien Exkursion (2010)

Abb.2: Kristin Schneider; Private Fotosammlung Andalusien Exkursion (2010)

Abb.3: Google-Map; <http://maps.google.de/maps?hl=de&tab=w1>; Stand: 05.09.2010

Abb.4: Google-Map; <http://maps.google.de/maps?hl=de&tab=w1>; Stand: 05.09.2010

Abb.5: <http://people.brunel.ac.uk/~hsstnns/pictures/Granada2007/> ; Stand: 05.09.2010

Bergische Universität Wuppertal



Fachbereich D – Bauingenieurwesen
LuF Baukonstruktion & Holzbau
Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. von Grabe

Thema: Wasser in Andalusien
Alte Wasserversorgungsmethoden
Beispiele von Wasserbaukunst in Alhambra

Verfasserin: Soudeh Zarfashani

Matr.- Nr. 721018

Inhaltsverzeichnis:

1-Einführung	
-Geographische Statistik.....	3
-Klima.....	3
- Infrastruktur: Wasserbedarf.....	4
-Landwirtschaft	
a)-Bewässerungsanbau.....	5
b)-Landwirtschaftliches Beispiel.....	6
2-Bedeutung vom Wasser in islamischer (maurischer) Kunst	
-Ein Höhepunkt, ein Beispiel von Alhambra.....	7
3-Qanatbau;Die geschickte persische Wasserversorgungsmethode, die durch Mauren nach Andalusien gebracht worden ist.....	8
4-Literatur	15
5-Bildverzeichnis	15

Wasser ist Leben.

Diese Erkenntnis ist alt und beschränkt sich nicht auf den Süden Spaniens. Aber hier in Andalusien wird das ganz besonders deutlich, da das Wasser durch seine begrenzte Verfügbarkeit tatsächlich zum wichtigsten Faktor wird, der darüber entscheidet, ob es an einem Ort Leben gibt oder nicht.

Im Süden Spaniens aber, das näher an der Sahara liegt als an Mitteleuropa, begegnet einem die Frage nach dem Lebenselixier allerorten.

Wasser ist nicht nur die Voraussetzung für pflanzliches und tierisches und damit menschliches Leben, sondern es ist auch die unverzichtbare Grundlage von wirtschaftlichen Kreisläufen. In Gebieten des Überflusses - wie Mitteleuropa - ist das nicht immer offensichtlich. Doch in Spanien spielt die Verteilung der hydrologischen Ressourcen eine entscheidende Rolle für die Entwicklung des Raumes.(1)

Geographische Statistik:

Andalusien hat eine Fläche von ca. 87.500 km² (etwa so groß wie Portugal) und 7,3 Mio. Einwohner.

Die Fläche Andalusiens lässt sich auf folgende hydrografischen Einheiten (Becken) aufteilen:

Guadalquivir	52.000 km ²
Guadalete + Barbate	6.500 km ²
Sur	18.000 km ²
Guadiana I	3.500 km ²
Guadiana II	6.500 km ²
Segura	1.000 km ²

total	87.500 km ²

Klima:

Der gesamte Mittelmeerraum hat ein winterfeuchtes Klima. Das bedeutet, dass der größte Teil der Niederschläge im mäßig kalten Winter fällt, während die Sommer heiß und trocken sind.

Für Andalusien charakteristisch und für unser Thema von besonderer Bedeutung ist die ausgesprochen unregelmäßige Verteilung der Niederschläge, sowohl zeitlich als auch räumlich gesehen.

Da die Temperaturen über die Jahre hinweg relativ konstant sind, können wir sie in unseren Betrachtungen vernachlässigen. Das Wasser macht hier den Unterschied.

In den Jahren 1990-95 erlebte Andalusien eine der ausgeprägtesten Dürrezeiten seit meteorologische Daten aufgezeichnet werden.

Nachdem es im Winter 89/90 noch einmal kräftig geregnet hatte, ließen die Niederschläge in den folgenden Jahren immer mehr nach, um das absolute Minimum im Jahre 94/95 zu erreichen.(279 mm in den Becken Guadalquivir, Guadalete und Barbate)

Diese Dürre war neben den sehr geringen Niederschlägen vor allem deshalb so gravierend, weil sie sich über fünf Jahre erstreckte. Das Jahr 94/95 wies nicht nur die niedrigsten Niederschlagswerte auf, es war auch der Höhepunkt einer bis dahin bereits vier Jahre andauernden Trockenheit. - Die letzten vorangegangenen Dürreperioden hatten jeweils zwei bis drei Jahre gedauert.

Die andalusischen Umweltbehörde ermittelte, dass im September 1995 die Vegetation auf 90% der Fläche unter „hydriischem Streß“ litt, während der Anteil im gleichen Monat 1991, also im ersten Jahr der großen Trockenheit (ein hydrologisches Jahr geht von Oktober bis September), noch bei 25% lag.

(Bei der per Satellit durchgeführten Untersuchung wurde die Photosyntheseaktivität gemessen.)

Ein Ausbleiben der Niederschläge hat natürlich zur Folge, dass die Flüsse weniger Wasser führen.

Die gesamte Wassermenge, die im Jahre 94/95 im Guadalquivir Alcalá del Río passierte, betrug 110 Hm³. Das ist weniger als ein Zwanzigstel dessen, was in einem normalen Jahr gen Atlantik strömt.

Auch in den vorangegangenen Jahren lag der Durchfluß weit unter der üblichen Menge.

Der spärliche Nachschub, der sie erreichte, sorgte dafür, daß die Talsperren immer leerer wurden. Im Jahre 1995 pendelten die Stauseen im Becken des Guadalquivir zwischen einer Auslastung von 8 bis 12% ihrer Kapazität,

während die gespeicherte Wassermenge im Südlichen Becken im gleichen Jahr von 21% allmählich bis auf 10% der Kapazität sank.

Die Bewässerung von Feldern wurde untersagt, um die Ressourcen zu schonen. Dennoch gingen die Trinkwasserreserven zu Ende, und es mußten Alternativen gefunden werden.

Das große Defizit in der Provinz Cádiz wurde ausgeglichen, indem man in Tankschiffen Wasser von Huelva, der einzigen Provinz, die noch über genügend Ressourcen verfügte, herantransportierte.

In Sevilla reichte das Wasser aus den umliegenden Talsperren nicht mehr, um die Bevölkerung zu versorgen.

Die Gesellschaft, die für die Trinkwasserbereitstellung in der andalusischen Hauptstadt verantwortlich ist (EMASESA), sah sich gezwungen, die Versorgung sicherzustellen, indem sie das Flußwasser des Guadalquivir notdürftig desinfizierte und den Bedarf so befriedigte.

Als im Juli 1995 selbst diese Quelle zu versiegen drohte, weil der Guadalquivir große Wassermengen an das ebenfalls stark beanspruchte Grundwasser verlor, leitete man den gesamten verbleibenden Fluß von Peñaflor bis Alcalá del Río in einen Kanal um und ließ den eigentlichen Flußlauf trockenfallen.

Man verursachte damit das Absterben von Millionen von Fischen. Dafür gelang es, die Wasserversorgung von Sevilla sicherzustellen. - Trinken wollten die Sevillanos dieses Wasser aber nicht unbedingt. Es wird geschätzt, daß in Sevilla 1995 pro Monat 12,5 Mio DM für Wasser in Flaschen ausgegeben wurde.

In den Weihnachtstagen 1995 kehrte der Regen zurück.

Die Stauseen füllten sich wieder (20% der Kapazität bereits Ende Dezember), und die kräftigen Niederschläge in der Folge sorgten dafür, daß im Jahre 1996 eine allgemeine Erholung sowohl der geschädigten Vegetation als auch der Wasserstände in Stauseen (von 25 auf 70%) und Feuchtgebieten (z.B. dem Nationalpark Coto Doñana) stattfand.

Die starken Regenfälle verursachten allerdings auch eine hohe Erosion, weil die ausgetrockneten Böden über keine schützende Pflanzendecke mehr verfügten.

In einigen Gebieten führten sie sogar zu Überschwemmungen.

Wasserbedarf:

Den Bärenanteil des andalusischen Wassers konsumiert die Landwirtschaft, d.h. vor allem der Bewässerungsanbau.

Der gesamte Bedarf von 5400 Hm³ pro Jahr gliedert sich wie folgt auf.

Landwirtschaft	4000 Hm ³	75%
Trinkwasserversorgung	800 Hm ³	15%
Industrie	300 Hm ³	5%
andere	300 Hm ³	5%

Landwirtschaft:

Die Verteilung des andalusischen Agrarlandes erinnert immer noch an feudale

Strukturen. Während 70% der Betriebe weniger als 5 ha besitzen und somit zusammen über 7% der Fläche verfügen, gibt es eine kleine Anzahl (2,6%) von Großbetrieben (>100 ha), denen 65% des Territoriums gehören.

Sehr hohe Niederschlagswerte sind oft auf heftige Regenfälle in den Wintermonaten zurückzuführen, wobei das Wasser nicht im gewünschten Maße für die Pflanzen verfügbar wird

Geringere Niederschläge wirken sich bei Trockenkulturen direkt in Form geringerer Erträge aus. Bei bewässerten Flächen macht es sich indirekt ebenfalls bemerkbar, da mit sinkenden Niederschlägen weniger Wasser zur Bewässerung in den Flüssen verfügbar ist.

a) Bewässerungsanbau

Der Bewässerungsanbau ist mit einem Anteil von 75% am Gesamtkonsum der größte Verbraucher von Wasserressourcen in Andalusien. Deswegen soll ihm hier ein eigener Abschnitt gewidmet werden.

Die Praktik, Felder zu bewässern, besitzt in Andalusien eine jahrhundertelange Tradition. Sie hat die relativ hohe Bevölkerungsdichte des Raumes überhaupt erst ermöglicht.

Bis 1954 blieb die Bewässerung auf das Südliche Becken beschränkt. Ab da fing man an, auch im Landesinneren entlang des Guadalquivir derartige Kulturen anzulegen.

1960 gab es 2500 km² bewässerte Flächen. Bis heute wurde ständig erweitert. 1996 waren es 6680 km². Das entspricht 7,7% der Fläche Andalusiens.

Der Beitritt zur EU verursachte eine Zunahme des Anbaus für den Export, wofür hauptsächlich Produkte in Frage kommen, die bewässert werden.

Diese Exportartikel erlangen gute Preise, so daß der Wert der Bewässerungsprodukte 1990 55% der spanischen Agrarproduktion ausmachte, während die bewässerte Fläche lediglich 16% der Agrarfläche betrug.

In den letzten Jahren zeigten die Olivenpflanzungen im Becken des Guadalquivir den größten Trend zu einer Ausweitung der Bewässerungsflächen (von 830 km² 1989 auf 1500 km² 1995), da die Preise für Oliven und deren Öl im offenen europäischen Binnenhandel sehr vielversprechend sind und durch die Bewässerung natürlich höhere Erträge erwirtschaftet werden können.

Zu den 6680 km² offizieller Bewässerungsfläche sind ca. 700 km² zu addieren, die nach Schätzungen im Guadalquivir-Becken illegal bewässert werden.

Die Verteilung dieser Bewässerungsflächen und entsprechend die Verteilung des Wasserbedarfs auf die einzelnen Becken sieht wie folgt aus:

Guadalquivir	443000 ha	2800 Hm ³
Guadalete + Barbate	40000 ha	165 Hm ³
Sur	160000 ha	840 Hm ³
Guadiana II	20000 ha	155 Hm ³
Segura	5000 ha	40 Hm ³
gesamt	668000 ha	4000 Hm ³

Auch in diesen Statistiken sind die 70000 ha illegal bewässerter Flächen nicht enthalten. Es wird jedoch geschätzt, daß sie über 400 Hm³ jährlich verbrauchen.

Die Bereitstellung von 4000 Hm³ kann natürlich nicht in jedem Jahr geleistet werden.

b)Landwirtschaftliches Beispiel:

Erdbeeranbau lässt Spanien vertrocknen

Der ausgemergelte Boden Südspaniens düstet nach Wasser, doch vor allem die Erdbeeren saugen ihm alles weg. Zwei Pfund davon verbrauchen 115 Liter Wasser. In der andalusischen Region Huelva, an der Grenze zu Portugal sorgen 2.000 Bauern dafür, dass uns die süßen Früchte auch außerhalb der Saison nicht ausgehen. Denn die Nachfrage ist groß und das Wasser kostet oft nichts.



Abb. 1

Die andalusische Erdbeerwirtschaft hat sich nach Kalifornien zur zweitgrößten weltweit entwickelt. Das warme Klima ist ideal. Und das Wasser stammt meist aus illegal gegrabenen Brunnen. Die Erdbeerbauern gehören zu den reichsten in ganz Spanien. Grund, über die Konsequenzen des Erdbeeranbaus nachzudenken, hat hier scheinbar noch keiner.



Verstärkt wird der Wassermangel in Andalusien noch durch vier trockene Sommer hintereinander. Die Waldbrandgefahr steigt. Doch viele Brände entstehen nicht zufällig. Denn dort wo Wald abgebrannt ist, sprießen ganz schnell neue Erdbeerplantagen. Und mit ihnen noch mehr illegale Brunnen. Ein Teufelskreis - solange die Erdbeerbauern mit diesem System Geld machen können. Strafen gegen Wassersünder sind jedenfalls die Ausnahme. Und die Verbraucher greifen nach wie vor zu den billigen Erdbeeren aus Spanien - das ganze Jahr über. (2)

Schließlich ist gut zu wissen, dass Spanien - entgegen weit verbreiteten Annahmen - kein trockenes Land ist. Die jährlichen Niederschläge pro Quadratmeter erreichen rund 85 Prozent des EU-Durchschnitts. Aber auf die Wolken ist kein Verlass: In manchen Jahren regnet es im Überfluss, in anderen, wie dem vergangenen, fällt kaum ein Tropfen. Diktator Franco und nach ihm die demokratischen Regierungen Spaniens haben das Land in den vergangenen 50 Jahren deshalb mit mehr als tausend Stauseen überzogen. "Spanien leidet nicht unter Wasserknappheit", "sondern unter Ideenknappheit." (galicische Landschaftsplaner Javier Samper Calvete).(3)

2-Bedeutung vom Wasser in islamischer (maurischer) Kunst:

Im Islam ist der Garten symbolhaft verankert als Heilsversprechen für das Jenseits und als wichtigste Komponente im islamischen Garten ist das Wasser zu nennen.

Die arabischen Eroberer waren von Trockenheit, Wüste und Nomadentum geprägt. Ab 673 übernahmen sie die bezaubernde Gartenkultur von Byzanz und Damaskus. Sowie die hochentwickelte Gartenarchitektur von Bagdad, der Perser. Damit war der Erfolgsweg für die Gärten im Okzident bereitet. Der arabische Garten gilt im Wesentlichen als ein weltlicher Ort. Es ist ein eingefriedetes, durch Mauern geschütztes Gebiet. Diese Urform ist Zeichen zur Abgrenzung zwischen dem Nomaden und dem Sesshaften, der bewässerten Fläche und den Trockengebieten der Oase und der Wüste. Der Garten mit seiner Üppigen Flora, seinem Wasserreichtum wird als Kontrast zur Wüstenhölle verstanden in dem man durch Gott den inneren Frieden und Spiritualität finden konnte. Demzufolge war an jeder Moschee ein Garten, ein völlig geschlossener Hofgarten eingebunden. Diese beliebte Bauform arabischer Gärten fand man nicht nur bei der Moschee, sondern auch in den mittelalterlichen Häusern der Araber, wie sie heute immer noch in den alten Stadtkernen wie z.B. Marrakesch, oder auch Cordoba vorzufinden sind.(4)

Ein Höhepunkt, am Beispiel der Alhambra:



Abb. 2: Löwenhof (Alhambra)



Abb. 3: Löwenhof; Jun 2010

Löwenhof ist der berühmteste Baukomplex der Alhambra. Der Höhepunkt nasridischer Architektur vollendet unter Mohammed V. (reg. 1354-59; 1362-91). Man betritt ihn von Westen her, durch die schlichte Sala de los Leones Mozarabes.

Kernstück ist der von Ost nach West angelegte Becken in seiner Mitte den Namen gab: Patio de los Leones. Die Löwenplastiken können auf den jüdischen Wesir Yussuf Ibn Nagrallah Zurückgehen, der im 11. Jahrhundert auf dem Burgberg residierte.

Der Löwenhof ist ein Bild des Paradieses, denn er ist ursprünglich ein „hortus conclusus“, ein ummauerter Garten, und jeder solcher Garten ist im Islam ein Abbild des Paradieses, dessen koranischer Name, „al-djanna“, die beiden Bedeutungen von „Garten“ und „Verborgtheit“ in sich schließt.

Man muss sich die Flächen zwischen den vier Wasserläufen, die heute mit Sand bestreut sind, als Beete voller blühender Büsche und wohlriechender Kräuter vorstellen. Zum Plan des himmlischen Gartens gehören stets die vier Paradiesflüsse (Perat, Hiddekel, Gihon, Pischon), die nach den vier Himmelsgegenden oder aus ihnen her nach der Mitte hin strömen. Die Wasserläufe des Löwenhofes entspringen in den beiden Sälen, die sich im Norden und im Süden öffnen, und unter den beiden steinernen Baldachinen genau im Osten und im Westen. Der Boden der Säle ist höher gelegen als der Garten und so rinnt das Wasser, das zuerst in runden Becken ruht, über die Schwellen hinab nach dem Brunnen hin, wo es sich um die Löwen herum sammelt, um zu versinken. Wenn man sich an einem der Becken wusch, blieb das Wasser immer klar und rein. Der Brunnen selbst mit seinen zwölf Löwen, die ein Becken tragen und Wasser speien, ist ein uraltes Sinnbild, das über allerlei Zwischenglieder aus dem Morgenlande vorchristlicher Zeit bis hierher, in die Alhambra gelangt ist. Denn der Wasserspeiende Löwe ist nichts anderes als die Sonne, aus welcher das Leben quillt, und die zwölf Löwen sind die zwölf Sonnen des Tierkreises, der zwölf Monate, die in der Ewigkeit alle zugleich vorhanden sind. Sie tragen ein „Meer“, wie die zwölf ehernen Stiere im Tempel Salomons, und dieses Meer ist der Speicher der himmlischen Wasser. Auch die beiden steinernen Baldachine, die sich im Osten und im Westen des Hofes gegenüberstehen, gehören zum Bild des Paradiesischen Gartens, denn der Koran spricht bei der Beschreibung des Paradieses von hohen Baldachinen (rafraf) oder Gezelten. Man muß das Vorbild dieser über zarten Säulen schwebenden Schattendächer im Osten suchen, in der persischen Kunst, auf welche so vieles an diesem Teil der Alhambra hinweist. (Die maurische Kultur in Spanien).

3-Qanatbau;Die geschickte persische Wasserversorgungsmethode, die durch Mauren nach Andalusien gebracht worden ist:

Qanate sind eine dem Tunnelbau verwandte Technik zur Nutzung von Aquiferen unter Verwendung von Entwässerungsstollen. Vertikale Luftschächte (Brunnen) zur Vereinfachung der Reinigung und zum notwendigen Druckausgleich sind die von aussen wahrnehmbaren Indizien ihrer Existenz. Der Mutterbrunnen des Qanates (oder auch Manifest), im Allgemeinen am Fuss eines Berges gelegen, zapft ein Aquifer an und leitet in der Regel von hier aus das Wasser über ein Galeriesystem bis zu einem Bewässerungsbecken, von dem aus das Wasser bei Bedarf für Bewässerungsfeldbau und für Trinkwasserversorgung genutzt wird.

Während die Qanate auf der Insel Mallorca erfasst, publiziert und teilweise, wie das Qanat von Son Cardaix didaktisch für den Geographieunterricht aufbereitet wurden, sind nur relativ wenige Qanat-Anlagen auf dem spanischen Festland bekannt, so die Qanate bei Cintruénigo, Tabernas, bei Cuevas de Almanzora, Puerto Lumbreras, Albacete-Chinchilla, Guadalajara, Ciempozuelos bei Aranjuez, Jaén, Medina Sidonia und Cádiz. Nördlich von Cartaya (Provinz Huelva) befindet sich ein ausgedehntes Qanat-System mit einer Gesamtstollenlänge von rund 10 km, das heute unter Denkmalschutz steht. Es herrscht hier, wohl aufgrund der malikitischen Erbrechtstradition zu moslemischer Zeit und der auf dieser Grundlage basierenden "repartimiento", Kleinstbesitz vor, wie er häufig bei solchen komplexen Bewässerungssystemen zu beobachten ist.

GESCHICHTLICHE ENTWICKLUNG:

Qanate sind in Persien für die Zeit der Urartu, eines indo-iranischen Volkes, archäologisch nachgewiesen und für das 8. Jhd. v. Chr. urkundlich belegt. Im Iran sind bis heute 90 % der bekannten Qanate zu finden. Diese Häufung von Qanat-Systemen im Iran ist auf die dort ehemals herrschenden sozialen Strukturen zurückzuführen, die den Bau der Qanate sowohl durch den Zusammenschluss vieler Kleinbesitzer oder durch die Initiative Vermöglicher ermöglichte. Das islamische Recht ermöglichte darüber hinaus durch die Erschließung von Wasserquellen den Besitz des bis dahin wertlosen Landes. Von Persien aus breitete sich die Technik des Baus und der Bewirtschaftung von Qanaten in Richtung Westen über Ägypten, Lybien, Tunesien, Algerien und Marokko bis auf die Iberische Halbinsel. Bei den maurischen Agrarschriftstellern finden sich kaum Hinweise auf die Anlage von Qanat-Systemen auf der Iberischen Halbinsel; eine der wenigen Ausnahmen ist AL AWWAM, Agronom des 11. Jhds. Für die Iberische Halbinsel berichtet AL-MAQQARI in seinen Annalen über unmittelbar nach der muslimischen Eroberung nordwestlich von Córdoba errichteten Qanate. In einem Text des IBN-HAYYAN über die Belagerung des Qal'at al Hansh (bei Mérida) im Jahre 873/874 wird die Zuleitung des Wassers für die Belagerer über unterirdische Galerien (arab. surub) besonders erwähnt. In der gleichen Epoche wird die Festung Madrid gegründet (hisn Majrit), Plural von majra, der Bezeichnung für Qanate, die als Viajes bis in das 19. Jhd. Madrid mit Wasser versorgten. IBN HAYYAN verweist für die Jahre 899/900 und 905/906 auf ein hisn Qanit, das heutige Cañete la Real, eine beeindruckende Festungsanlage mit einer Qanatanlage. Für Andalusien nehmen BARCELÓ et al. an, dass die Einführung und Verbreitung der Qanate mit der Organisation der Bewässerungssysteme und der darum entstehenden Sozialstrukturen einherging. AL-HIMYARI verweist auf die Qanate in Murcia, Alhama de Almería und Taza/Tara, eine aufgelassene Siedlung bei Lorca, wobei er die Luftschächte als manafis und die unterirdischen Schleusen manahid benennt.

BARCELÓ et al. weisen zurecht darauf hin, dass der Bau eines Qanats nicht automatisch mit der Verwendung eines der ihn bezeichnenden Begriffe (qanat, khattara, foggara, falaj, mayra, viaje de agua, galería con lumbreras) einhergeht. Die Qanate wurden teilweise bis in die jüngste Vergangenheit, d.h. bis zur Bohrung von pumpenbetriebenen Tiefbrunnen und Trinkwasserfernleitungen, genutzt. Im Falle Madrids wurde die Funktion der Qanate durch den Kanal Isabellas II. übernommen.

ZUM BAU DER QANATE:

Der Bau eines Qanats erforderte spezifische Kenntnisse, was zur Herausbildung von Spezialistengruppen (im Iran moqani, in Syrien qanawati, in Marokko hatatiriya und im islamischen Spanien qanawain genannt) führte, die die erworbenen Kenntnisse und Erfahrungen mündlich tradierten. Auf der Iberischen Halbinsel bildete sich nach der Reconquista in Madrid die Zunft der fontaneros. Im Iran lebte diese Berufsgruppe in eigenen Dörfern bzw. Stadtteilen (z.B. in Teheran). In einigen Sahara-Oasen wurden schwarze Sklaven (haratin) zum Unterhalt und für den Neubau der Qanate eingesetzt.

Geologische Voraussetzung für die Anlage eines Qanatsystems ist das Vorhandensein einer grundwasser führenden Schicht. Ist der Einfallwinkel dieses Grundwasserleiters größer als die mittlere Neigung der Geländeoberfläche, wird das hierin gespeicherte Grundwasser in den Untergrund abgeführt ohne dem oberflächennahen hydrologischen System unmittelbar zur Verfügung zu stehen. Um dieses zu verhindern, wird die grundwasserführende Schicht durch ein Stollensystem – das Qanat – angezapft, wobei sich das Gefälle des Stollensystems in Abhängigkeit von der zu überbrückenden horizontalen und vertikalen Distanz verhält. Ein Gefälle von 2-3° sollte jedoch nicht überschritten werden, da dann die Erosionsgefahr an der Stollensohle zu groß wird. Auf Streckenabschnitten, die durch Gesteine erhöhter Permeabilität führen, wurde die Stollensohle mit Kalkmörtel versiegelt.

Zur Erhöhung der Schüttung wurden teilweise vom Mutterbrunnen kleine Stollen, z. T. sternförmig horizontal in den Untergrund getrieben, um so weitere Wasseradern anzuzapfen.

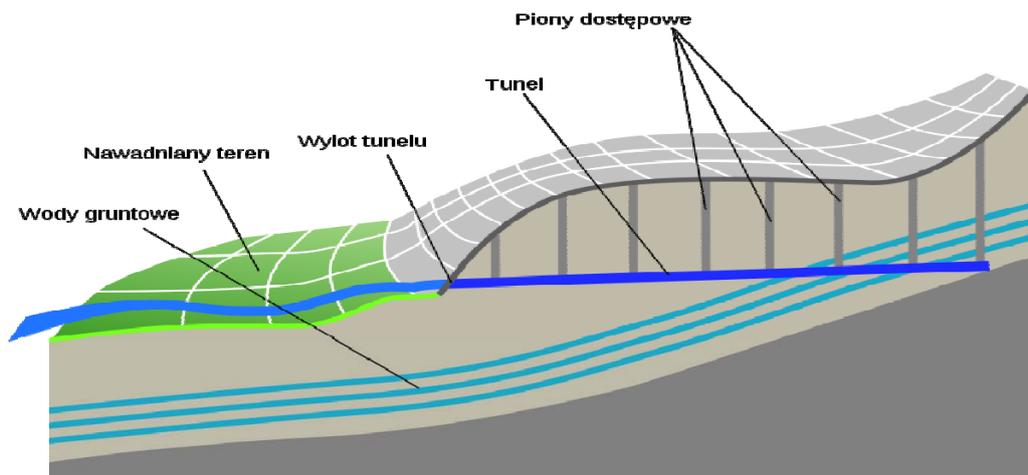


Abb. 4 Schematische Darstellung eines Qanat-Systems in Grundriss

Die Planung eines Qanats beginnt mit der Exploration von Grundwasser, das im Idealfall am Fuss eines Höhenzuges gefunden wurde (Hinweise erhielt man durch austretendes Wasser oder vernässte Flächen im Frühling und verstärkte Vegetation an solchen Stellen). In einem ersten Schritt wurde zunächst ein Testbrunnen (gamaneh) ausgehoben, der im Falle der Erschließung einer Wasserader zum Mutterbrunnen (mader-tchah) wurde. Folgend wurde die Tiefe des Mutterbrunnens vermessen und vom Mund des Mutterbrunnens aus wurde der beabsichtigte Verlauf des Stollens festgelegt. Das Ende des Qanats führte im günstigsten Fall in ein nahe gelegenes, intensiv landwirtschaftlich genutztes Gebiet, das vielfach durch die Anlage von Gemüse- und Obstkulturen in Wert gesetzt wurde, so dass sich die Investition in den aufwendigen Qanatbau auch rentierte. Anhand des Verhältnisses aus Stollenlänge und dem Höhenunterschied zwischen der Sohle des Mutterbrunnens und dem Niveau des Stollenaustritts wurde die Tiefe und die Frequenz der das Stollensystem begleitenden Schächte berechnet.

Nun begann man mit dem Tunnelbau unter Beachtung des Verlaufs, des Gefälles, der juristischen Gegebenheiten und der auszuhebenden Luftschächte vom Endpunkt an. Hierzu wurde das gerichtete Licht einer Öllampe genutzt, das einen Schatten an die Stirnwand warf; entsprechend wurde bei jedem neuen Luftschacht ein an zwei Stricken befestigter Stab als Richtungsweiser herabgelassen. Das Gefälle erhielt man durch einen aufgehängten Winkel. Der Tagesfortschritt einer Qanat-Bautrupps lag zwischen 1,3 und 5 Metern; für einen Kilometer brauchte man rund ein Jahr. Bei einem 200 Meter langen Qanat mit einer Querschnittsfläche des Stollens von einem Quadratmeter und einem Mutterbrunnen von 15 Metern Tiefe sowie zehn weiteren Schächten fallen 275 Kubikmeter Abraum an.

DIE VERBREITUNG VON QANAT-SYSTEMEN IM SÜDOSTEN SPANIENS:

In Südost-Spanien werden Qanate "minas" oder "galerías con lumbreras" genannt. Ein Kupferstich von Georg Hofnagel zeigt charakteristische Stollenmünder mit Erdwall südlich der Alhambra. In der Provinz Almería werden Qanat-Systeme bei Velefique (nördlich von Tabernas, Südhang der Sierra de Filabres), bei der Loma del Vicario in der Gemeinde Fondón, in den Gemeinden Berja, Vívar und Alhama de Almería beschrieben. Bei Cuevas de Almanzora weist KLEINPFENNIG (1965) ein 3 km langes Stollensystem zur Bewässerung der Huerta del Cebollar nach, deren Nutzungsrechte eine Bewässerungsgemeinschaft (Comunidad de Regantes) innehat. Der Ortsname Puerto Lumbreras (Provinz Murcia) leitet sich von einer alten Grundwassergalerie ab, die z.T. auch in Plänen erhalten sind (Rambla Nogalte). Oftmals gab es kombinierte Systeme von Qanaten und der Kanalisierung der unregelmässig wasserführenden Ramblas. GIL MESEGUER & GOMEZ ESPÍN erfassen kleinere Qanat-Systeme am rechten Ufer der Rambla de Pastrana (Gemeinde Mazarrón, Murcia), nahe Ramonete, bei Garrobillo (Gemeindegrenze zwischen Águilas und Lorca), drei Anlagen in der Rambla Chacón-Cañarete, ein mit behauenen Quadern ausgekleidetes System im Cabezo de Trigo, bei dem Weiler El Cocón und in den Gemarkungen Los Cazorlas/Cañada Huertos, oberhalb der aufgelassenen Salinen von San Juan de los Terreros, und Pilar de la Jaravia in der Gemeinde Pulpi.

Das Becken von Torralba:

Am Nordrand der Gemarkung Torrealvilla liegt in dem Höhenzug der Los Callares das Becken von Torralba. Das Becken von Torralba bedeckt eine Fläche von ca. 5 ha und hat ein Einzugsbiet von ca. 1 km²; über die Cañada de la Casa del Pino, einen periodisch fließenden Fluß, entwässert das Becken in die Ebenen der Llano de la Piedra Gorda. Der Höhenzug der Los Callares entstand während des Tertiärs infolge Bruchtektonik mit Einengung von NW infolge der Deckenüberschiebung der ca. 7 km nordwestlich gelegenen Sierra Gigante. Stratigraphisch liegt das Untersuchungsgebiet im Subbetikum; die anstehenden Gesteine setzen sich aus miozänen Mergeln, Konglomeraten und Kalkareniten zusammen. Im Liegenden befinden sich jurassische Kalke über paläozoischen Quarziten und Sandsteinen.

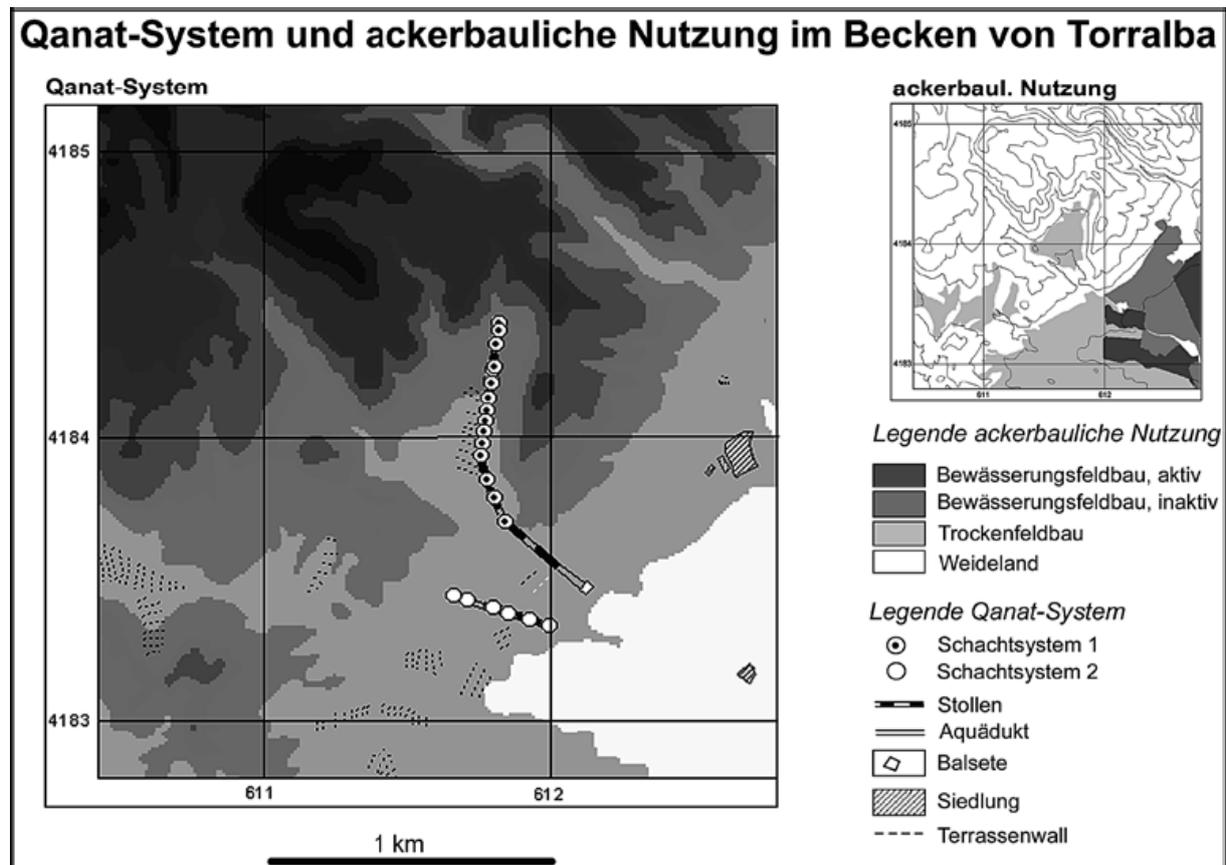


Abb. 5 Lage der Qanat-Systeme im Becken von Torralba und in der benachbarten Cañada de las Retamas und Kartierung der aktuellen Landnutzung.

Das Becken von Torralba wird heute vorwiegend durch Trockenfeldbau genutzt, während die Hänge vorwiegend von *Stipa tenacissima* bewachsen sind und der extensiven Weidewirtschaft dienen. Auch die Llano de la Piedra Gorda wird vorwiegend ackerbaulich genutzt, wobei im Randbereich zu den Los Callares noch Trockenfeldbau überwiegt, unterhalb der Casa del Pino das Gebiet in der jüngsten Vergangenheit jedoch zunehmend durch bewässerungsintensive Sonderkulturen (Salat, Gemüse) in Wert gesetzt wird; das Wasser hierfür wird aus Tiefbrunnen gewonnen. Darüber hinaus befindet sich ein weiteres kleineres Areal mit Bewässerungsfeldbau unterhalb der Einmündung der Cañada de la Casa del Pino bzw. des Beckens von Torralba in die Llano de la Piedra Gorda. Das Wasser hierfür wird in einem Bewässerungsbecken gespeichert, der aus einem Qanat-System im Becken von Torralba gespeist wird. Hier zapft das Qanat eine wasserführende Schicht aus miozänen Konglomeraten und Sandsteinen an, die nach Süden abtaucht. Im Hangenden und Liegenden dieses Grundwasserleiters befinden sich wenig wasserdurchlässige pliozäne bzw. miozäne Mergel. Das Qanat-System im Becken von Torralba ist noch weitgehend erhalten. Es misst eine Stollenlänge von 958 m und hat 16 Schächte. Die Sohle des Mutterbrunnens liegt bei 36 m unter Grund. Neben dem Mutterbrunnen ist nur noch der unterste Schacht des Systems (12,88 m Tiefe) erhalten, während die Position der anderen, heute geschleiften 14 Schächte nur noch anhand des Aushubs konstruierbar ist.

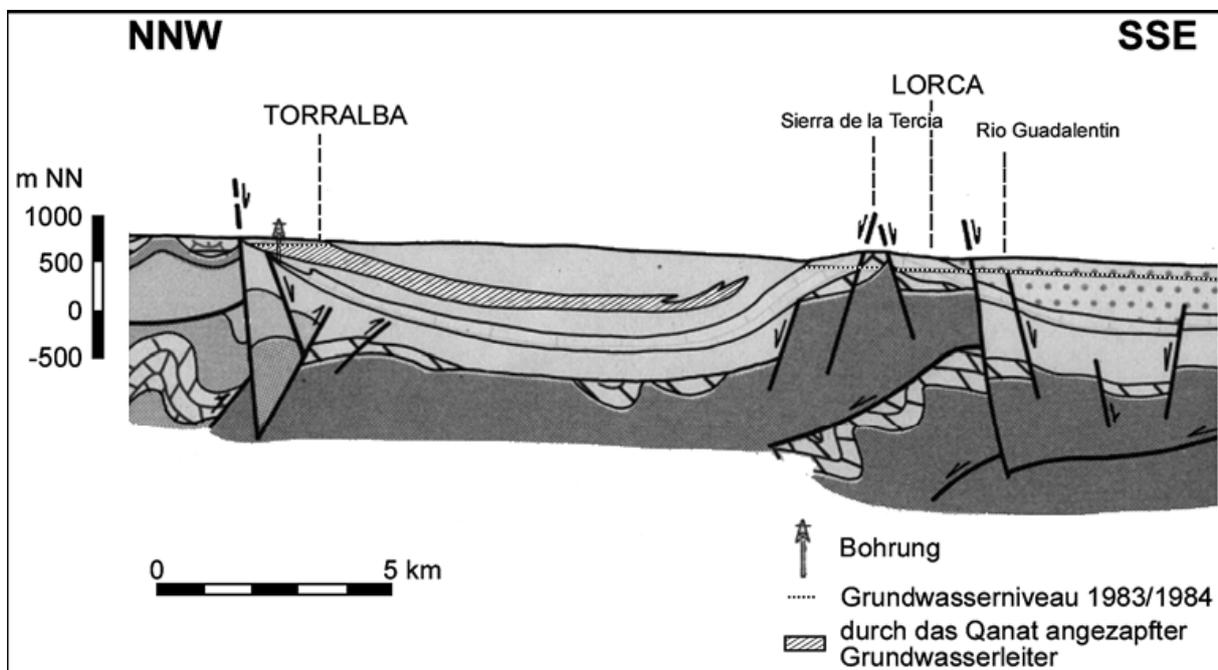


Abb. 6 Geologisches Querprofil durch das Becken von Torralba und die Cañada de las Retamas.

Bei seinem Austritt aus dem Untergrund geht der Stollen in einen ehemals abgedeckten Aquädukt über das nach einer Lauflänge von 121 m bei einem mittleren Gefälle von 1° in den Balsa de San Ricardo mündet. Der hydraulische Radius des Aquäduktes beträgt bei einem annähernd quadratischen Querprofil mit ca. 30 cm Kantenlänge 0,1 m. Der Balsa de San Ricardo hat einen rechteckigen Grundriss und entspricht heute einem ausbetonierten Becken mit einer Grundfläche von $19,8 \times 23,75$ m und einer Tiefe von 2,55 m. Jedoch deuten sowohl die aus Erde aufgeschüttete wallartige Umkleidung des Beckens wie ältere Mauerreste am Süden des Beckens auf eine wesentlich ältere Anlage des Balsa de San Ricardo hin, die in jüngster Vergangenheit restauriert wurde.



Abb. 7 Becken von Torralba mit Blick nach Osten



Abb. 8



Abb. 9

Der unterste Schacht des Qanat-Systems wurde detailliert vermessen und photographisch aufgenommen. Hierbei zeigte sich, daß der oberste Teil des Schachtes 0,74 m unter Grund in den Schacht hinein gemauert ist; darunter bilden die anstehenden miozänen Mergel die Schachtwände. Der Durchmesser des Schachtes beträgt an der Brunnenoberkante 0,64 m (Innendurchmesser) und nimmt nach unten zu (1,0 m Durchmesser auf Geländeneiveau, 1,3 m. 2,2 m unter Geländeneiveau). An der Sohle des Schachtes mündet von NW (345°) das obere Stollenende und knickt hier nach SW ab und wird mit 130° Streichrichtung weiter geführt. Der untere Stollen hat an dieser Stelle eine Höhe von ca. 1,5 m und eine Breite von ca. 0,6 m und läuft nach oben hin kuppelförmig zusammen.

Neben dem das Aquifer unter dem Becken von Torralba anzapfenden und den Balsa de San Ricardo speisenden Qanat-System sind in der Llano de la Piedra Gorda sowohl im Gelände als auch im Luftbild

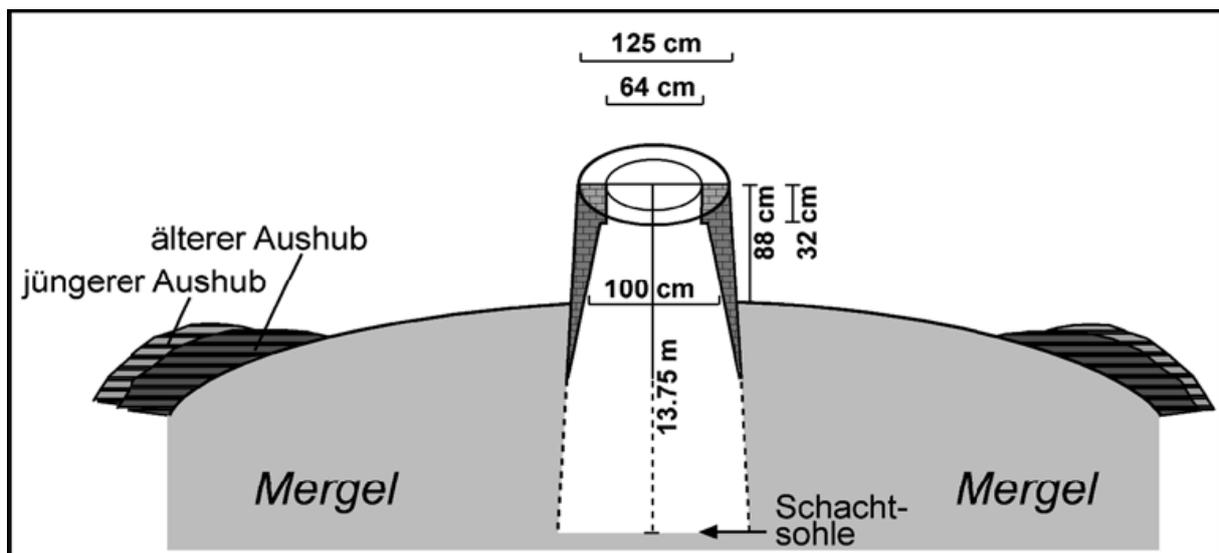


Abb. 10 Schematische Darstellung der Abmessungen des in Abb. 7 gezeigten Schachtes.

südwestlich der Balsa de San Ricardo die heute geschleiften Schächte eines weiteren Qanat-Systems zu erkennen (353 m Länge, 6 Schächte). Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß auch dieses – heute weitgehend zerstörte - Qanat-System weitaus größere Ausmaße hatte als heute erkennbar. Darauf deutet auch das Fehlen eines offenen oder geschlossenen Kanals unterhalb des Stollenaustritts und das Fehlen eines Wasserspeicherbeckens hin.

Wie auch in anderen Regionen der auf der Iberischen Halbinsel über 1.500.000 Hektar von Qanaten mit Wasser versorgten Nutzflächen und Siedlungen, hat der Einsatz von Pumpen in den vergangenen fünfzig Jahren auf der Iberischen Halbinsel erheblich zum Verfall dieser Systeme beigetragen. In den letzten Jahren ist das Bewusstsein für die wirtschaftlichen, technischen, juristischen, archäologischen, anthropologischen, historischen und soziokulturellen Aspekte der Qanat-Systeme und der davon abhängigen Komplexe jedoch wieder gewachsen. Gleichzeitig hat eine Diskussion um die Erhaltung und Wiedernutzbarmachung von Qanaten eingesetzt, unter anderem unter dem Aspekt der nachhaltigen Entwicklung (Grundwasserspiegel). Um das Bewußtsein für diese Problematik bei der ansässigen Bevölkerung zu schärfen, wurden die Forschungen zu den Qanat-Systemen im Besonderen und zu den traditionellen Bewässerungsformen im Allgemeinen in der Comarca Los Vélez und angrenzenden Gebieten vertieft.(5)

Literatur:

1-www.hospitalityclub.org (Die Wasserprobleme Andalusiens; Kjell Kühne)

1a- BRAUN (1974): Teheran, Marrakesch und Madrid. -Bonner Geographische Abhandlungen, (52. Bonn)

2- www.wwf.de ;(Ein Beitrag von Angelika Vogel) ; www.daserste.de

3- www.Berlinerzeitung.de

4- Der islamische Garten (Sandy Alami)

5- Unterirdische Bewässerungssysteme(QANATE) im Süden Spaniens; (Dietmar Roth und Brigitta Schütt)

Bildverzeichnis:

1- Erdbeerfelder in Spanien (www.Berlinerzeitung.de)

2-www.Alhambra.de

3-Fotosammlung LuF Baukonstruktion (Uviversität Wuppertal)

4- Unterirdische Bewässerungssysteme(QANATE) im Süden Spaniens; (Dietmar Roth und Brigitta Schütt)

5- Unterirdische Bewässerungssysteme(QANATE) im Süden Spaniens; (Dietmar Roth und Brigitta Schütt)

6- Unterirdische Bewässerungssysteme(QANATE) im Süden Spaniens; (Dietmar Roth und Brigitta Schütt)

7- Unterirdische Bewässerungssysteme(QANATE) im Süden Spaniens; (Dietmar Roth und Brigitta Schütt)

8- Erhaltener Schacht auf der Wasserscheide zwischen dem Becken von Torralba und der Cañada de las Retamas. Unterirdische Bewässerungssysteme(QANATE) im Süden Spaniens; (Dietmar Roth und Brigitta Schütt)

9- Nach Süden streichendes Stollensystem des Schachtes in Fig. 7. Deutlich sind die Bearbeitungsspuren an den Wänden und unten der gepflasterte Boden erkennbar; Unterirdische Bewässerungssysteme(QANATE) im Süden Spaniens; (Dietmar Roth und Brigitta Schütt)

10- Unterirdische Bewässerungssysteme(QANATE) im Süden Spaniens; (Dietmar Roth und Brigitta Schütt)

Hammām (حمام, hammām)

In der deutschen Schreibung ist **Hamam** ein Dampfbad, das man vor allem im arabischen Raum, im iranischen Kulturkreis und in der Türkei findet. Es ist ein wichtiger Bestandteil der islamischen Bade- und Körperkultur und auch unter dem Namen „Türkisches Bad“ oder „Orientalisches Bad“ bekannt.

Der Hammām ist ein Dampfbad, welches meist aus Marmor mit einer kreisrunden Liegefläche in der Mitte des Raumes, dem Nabelstein, besteht. Öffentliche Hammāms werden nach Geschlechtern getrennt genutzt: Es sind entweder separate Räumlichkeiten vorhanden oder die Nutzungszeiten für Frauen und Männer sind verschieden. In Hotelanlagen kann das Hammām meist auch gemeinsam besucht werden. Der Besucher legt ein spezielles Handtuch (Peştemal) als Lendenschurz an. An den Wänden befinden sich Waschbecken mit warmem und kaltem Wasser, mit dem man sich entweder selbst regelmäßig übergießt, oder man lässt sich von einem Tellak (Bademeister und Masseur) waschen. Oft werden gegen Aufpreis auch Massagen und Peelings angeboten. Ein Peeling reinigt die Haut durch Reiben mit der sogenannten Kese, einem rauen Handschuh aus Wildseide oder Ziegenhaar.

Neben dem Reinigen und Schwitzen wird in den Hammāms auch viel für die Schönheitspflege getan. Die Männer nutzen die entspannte Atmosphäre, um sich zu rasieren, die Frauen epilieren sich den gesamten Körper (im Islam ist die Entfernung der Achsel- und Schamhaare Pflicht) oder färben sich die Haare.

Nach dem Besuch des warmen Dampfbads folgt eine Phase der Erholung und Entspannung in einem kühleren Raum.

Der Hammām ist eine Weiterentwicklung des griechisch-römischen Bades, das die Byzantiner benutzt haben. Später haben es die Araber übernommen. Die ersten Hammāms im islamischen Raum wurden im Mittelalter in Jordanien errichtet.

Zitat:

Sehr anschaulich beschreibt Helmuth von Moltke in *Unter dem Halbmond* seinen ersten Besuch in einem Hammām:

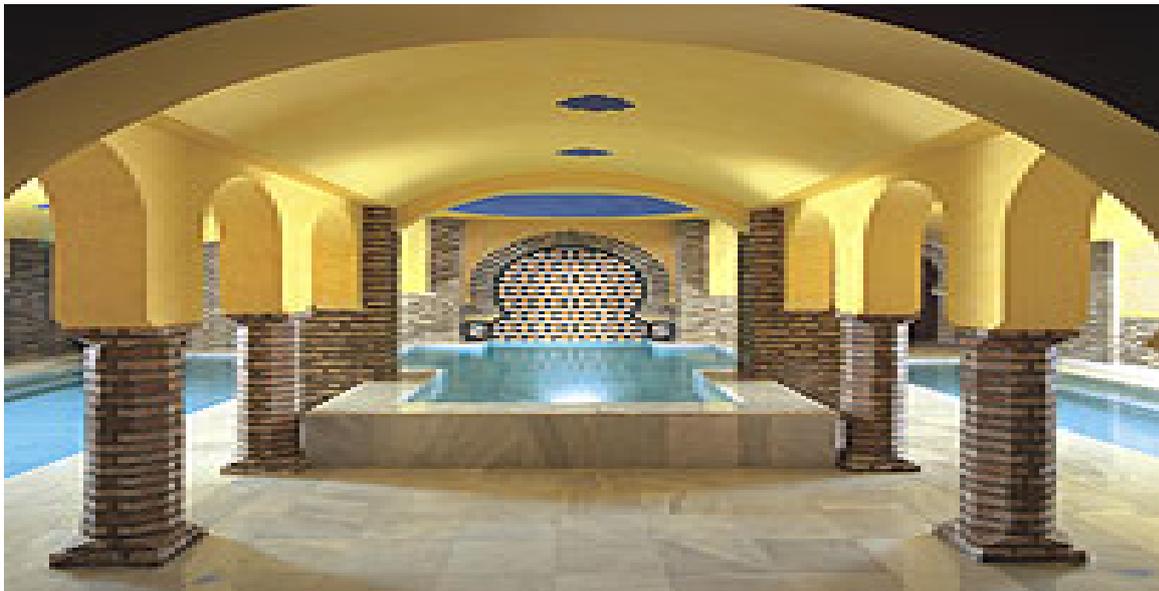
„Man schlug mir vor, ins Hammam oder türkische Bad zu gehen (...) Wir traten in ein weites hohes Gebäude, in dessen Mitte ein Springbrunnen plätscherte (...) Ich verspürte nicht die geringste Versuchung, nur das kleinste Stück meiner Toilette abzulegen; überdies sah ich überhaupt keine Badewanne (...) Der Badewärter, der in unseren bedenklichen Mienen las, führte uns in ein zweites Gewölbe, in dem schon eine ganz anständige Hitze war. Hier bedeutete man uns durch Zeichen, dass wir uns entkleiden möchten; man wickelt sich ein halbseidenes blaues Tuch um die Hüften und bekommt ein Handtuch als Turban um den Kopf, von dem angenommen wird, dass er nur aus Versehen nicht geschoren ist. Nach dieser Einkleidung schob man uns in eine dritte gewölbte Halle hinein, deren marmorner Fußboden so stark geheizt war, dass man ihn nur auf hölzernen Pantinen (Galendschi) betreten konnte. Unter der Mitte der Kuppel (...) erhebt sich ein zwei Fuß hohes Plateau mit Marmor, Jaspis, Porphyrt und Agat reich ausgelegt, auf welches man sich behaglich hinstreckt.

Der Telektschi oder Badewärter schreitet nun zu einer ganz eigentümlichen Prozedur.

Der ganze Körper wird gerieben und alle Muskeln gereckt und gedrückt. Der Mann kniet einem auf der Brust oder fährt mit dem Knöchel des Daumens über das Rückgrat; alle Glieder, die Finger und selbst das Genick bringt er durch eine leichte Manipulation zum Knacken. (...) Man begibt sich nun in die kleinen, noch stärker erwärmten Zellen, welche die große Halle umgeben. Hier sprudelt klares Wasser in Marmorbecken, und zwar nach Belieben, aus zwei Hähnen, warmes und kaltes. Der Patient wird nun demselben Verfahren unterworfen wie die türkischen Pferde beim Striegeln, indem nämlich der Wärter einen kleinen Sack aus Ziegenhaar über die rechte Hand zieht und damit den ganzen Körper anhaltend überfährt. Dies ist allerdings eine gründliche Reinigung, und man möchte sagen, dass man noch nie gewaschen gewesen ist, bevor man nicht ein türkisches Bad genommen hat. Der Telektschi erscheint nun aufs Neue mit einer großen Schüssel mit wohlriechendem Seifenschaum. Mittels eines großen Quastes aus den Fasern der Palmrinde seift er seinen Mann vom Scheitel bis zur Fußsohle, Haare, Gesicht, alles ein, und mit wahrem Vergnügen gießt man sich dann das kalte Wasser über Kopf, Brust und Leib. (...) Wir streckten uns nun in der Eingangshalle so behaglich hin, wie wir es von den Türken sahen.“

– *Helmut von Moltke: Unter dem Halbmond. Aus den „Briefen über Zustände und Begebenheiten in der Türkei aus den Jahren 1835 bis 1839“, zitiert nach Project Gutenberg*

Die Arabischen Bäder In Granada (Aktive Bäder)



Während der glanzvollen Epoche von Al Andalus waren die Hammams (arabische Bäder) in Granada ein Ort der Hygiene und Körperpflege, der Erholung und des sozialen Zusammenseins, umgeben von Wasserdampf, sanfter Musik der Sufis und den wohligen Gerüchen der Massageöle. Auch heute kann man sich dieser Badekultur in Granada hingeben, zum Beispiel in den “Baños Árabes - Aljibe de San Miguel”, gelegen im historischen Zentrum der Stadt.

Maurische Bäder "El Bañuelo"



Das Bad, oder Hammam unter den andalusischen Mauren, war ein öffentliches ziviles Gebäude, das irgendwie auch religiöse Zwecke besaß.

Die Mauren erbten durch die Städte des Nahen Ostens und des Norden Afrikas die römische Tradition der Thermen von Byzanz und Rom. Die maurischen Bäder hatten in der Regel drei oder vier Zimmer und einen Eingangshof. Die maurischen Bäder von Granada stammen aus der Zeit des Königs der Ziriden Badis Ibn Habas. Sie verfügen über einen ersten rechteckigen Raum, der als kalter Saal diente. Dann kommt ein quadratischer weitläufiger Raum, der warme Saal, mit Arkaden aus Hufeisenbogen an drei der vier Seiten. Zuletzt gibt es noch einen rechteckigen Raum, der in zwei Teile verteilt ist, in denen sich die Wasserbecken befinden. Es handelt sich um den kalten Saal.

Um der Inneren befriedigend zu isolieren, wurden dicke Mörtelmauern benötigt, auf denen sich die Gewölbe stützten. Diese sind aus Stein und Ziegel und verfügen über kleine achteckige oder sternenförmige Dachfenster, die der Zutritt vom Licht, die Lüftung der Dämpfe und das Erleichtern des Gewichts ermöglichen. Die Mauern werden mit Stuck verkleidet und angestrichen. Hervorzuheben ist die innere Ausschmückung: Säulen, Kapitelle, angestrichene Sockel, marmorner Boden und durchgebrochene Gewölbe mit sternenförmigen Dachfenstern für die optimale Lüftung des Bades.

Wir konnten leider nur die Ruine eines solchen Bades besichtigen, aber so muss man sich dieses Bad vorstellen als es noch genutzt wurde.

Medizinische Wirkungen

Der Besuch eines türkischen Dampfbads kann das subjektive Wohlbefinden erhöhen, kann Muskelverspannungen entgegenwirken und regt die Durchblutung der Haut an. Die Hautalterung wird verzögert.

Menschen mit Entzündungen, mit akuten Infektionskrankheiten, mit Herz-Kreislauf-Krankheiten, mit Venenthrombosen oder Krampfaderleiden wird jedoch vom Besuch eines Hammām, einer Sauna, einer Banja oder eines Dampfbades abgeraten.

Quellenangaben:

- <http://www.inspain.org/de>
- <http://blog.granada-reisen.de/granada>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Badekultur>

Bergische Universität Wuppertal



Fachbereich D – Bauingenieurwesen
LuF Baukonstruktion & Holzbau
Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. von Grabe

Thema: Passive Gebäudekühlung

Verfasser: Eva Simone Humme
Matr.- Nr.: 822262

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	1
Einleitung	2
Gründe für die Kühlung	3
Passive Systeme.....	4
Stellschrauben der passiven Kühlung	6
Wahl des Standortes	6
Ausrichtung des Gebäudes und der Räume	6
Bestimmte Gebäudegestaltung.....	7
Massive Bauweise	7
Natürliche Lüftung.....	8
Solarkontrolle.....	8
Integration von Wasser.....	9
Bepflanzung.....	11
Weißer Anstrich der Fassaden	11
Fazit	12
Quellen.....	13

Einleitung

“Keep Cool – A guideline to sustainable summer comfort” titelt eine europäisch besetzte Projektgruppe, die sich mit Ersatzmöglichkeiten zu Klimaanlage befasst, ihre Arbeit.

Sustainable lässt sich mit den Worten nachhaltig, umweltverträglich und zukunftsfähig übersetzen. Passive Kühlsysteme bieten die Möglichkeit alle diese Begriffe zu erfüllen. Dabei handelt es sich meist um Konzepte die bereits seit Jahrzehnten, -hundertern bzw. -tausenden von den Menschen umgesetzt werden. Warum handelt es sich trotzdem um ein sehr aktuelles Thema?

KeepCool kommt zu dem Ergebnis, dass in Deutschland bereits heute 40.000 bis 50.000 GWh für Kühlung der Bürogebäude verbraucht werden und sich der Bedarf an gekühltem Raum bis 2020 verdoppeln könnte. In den meisten Fällen wird die Kühlung gerade in Bürogebäuden mit Klimaanlage erreicht. Untersuchungen haben allerdings ergeben, dass durch einfachste Methoden Klimaanlage ersetzt oder reduziert werden können.

Hinzu kommt, dass heutzutage hochwärmegeämmte Gebäude entstehen, die im Winter hohe Einsparungen bei den Heizkosten versprechen. Allerdings bei der Abführung von Wärmelasten auf Hilfestellung, meist in Form von Klimaanlage, angewiesen sind.

Gründe für die Kühlung

Der Mensch besitzt wenig wärmereregulierende Faktoren und somit eine stenotherme Behaglichkeitsgrenze. Bei Überanstrengung der wärmereregulierenden Faktoren durch Wärme oder Kälte sinkt das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit nimmt ab. Die Behaglichkeitsgrenzen sind individuell verschieden. Bei Arbeiten im Sitzen liegt die Behaglichkeitszone der Raumlufttemperatur im Durchschnitt zwischen 20 und 26 °C.

Das Empfinden eines angenehmen Raumklimas bezieht sich auf die Temperaturen der Raumluft und die Wärmestrahlung der raumumschließenden Flächen, sowie die relative Feuchte der Raumluft und die Luftbewegung. Die Raumlufttemperatur gilt als wesentliche Komponente, weil sie in der Lage ist den Wärmeaustausch zwischen Körper und Umgebung zu regulieren. Dabei hängt sie selber von der thermischen Belastung der Räume und Gebäude ab. Unter der thermischen Belastung versteht man, sowohl die externe Belastung bestimmt durch das Außenklima, als auch die interne Belastung, die durch die Nutzung bestimmt wird. Einflussfaktoren können die Wärmeabgabe von Menschen und Tieren, der Beleuchtung, der Computer und anderen Maschinen sein.

Das Ziel der Kühlung ist es also, die thermische Belastung zu minimieren, indem unerwünschte Wärmelasten abgeführt bzw. ihr Eindringen in den Raum verhindert wird.

Passive Systeme

Unter passiven Systemen versteht man, Systeme die ohne mechanischen Hilfsmittel auskommen und somit der Energiebedarf gegen Null geht bzw. streng genommen gleich Null ist. Diese Maßnahmen werden teilweise schon seit sehr langer Zeit genutzt.

Bereits in der frühesten Zeit haben die Menschen bzw. die Vorfahren der Menschen Höhlen bewohnt. Die Höhlen galten nicht nur als Schutz vor der Kälte und der Witterung sondern boten auch Schutz vor der Hitze. Durch die thermische Trägheit der Felsen und der Erde herrscht in Höhlen ganzjährig die gleiche, angenehme Temperatur. Besonders gut waren Höhlen mit einem Eingang in Richtung Süden über dem sich eine auskragende Felsplatte befand. Dadurch konnte die tiefstehende Sonne im Winter die Höhle erhitzen, die Sonne im Sommer aber nicht zu einer Erhitzung führen.

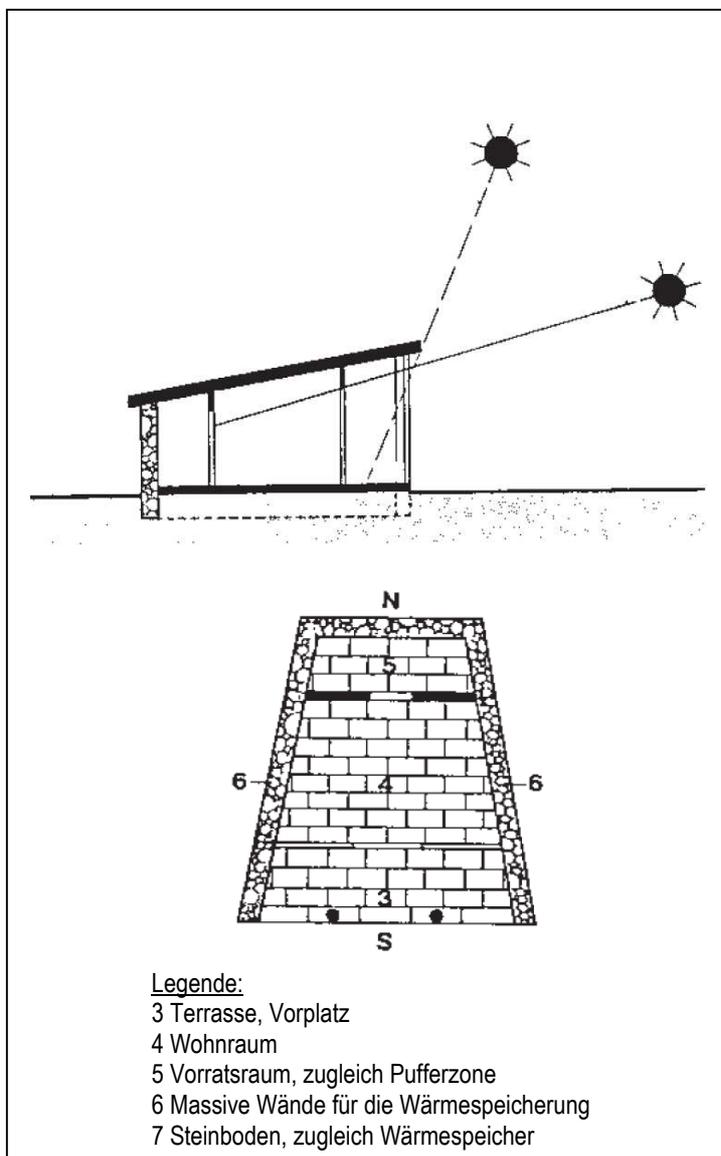


Abbildung 1.: Sonnenhaus des Sokrates

Diesen Gedanken entwickelte Sokrates in seinem Sonnenhaus weiter. Auch dieses war nach Süden hin ausgerichtet und besaß ein Vordach, das sommerliche Wärmeeinstrahlung verhinderte und die winterlichen Sonnenstrahlen hineinließ. Zusätzlich waren die tragenden, dicken Steinwände auch noch trichterförmig gebaut, sodass die Nordwand als kleinste Fläche besonders wenig Angriffsfläche für die Nordwinde bot.

Die massive Bauweise wurde auch bei dem Bau der Alhambra in Granada beibehalten. Durch Verschattung der Außenwände und mithilfe von Wasser herrscht auch im Sommer eine angenehme Temperatur in den Gebäuden.

Persische Wohnhäuser sind unterteilt in

Sommer- und Winterräume und benutzen viele der bislang erwähnten Methoden. In den Winteraufenthaltsräumen nutzt man die Sonne zur Aufheizung, die beschatteten Sommerräume enthalten einen Windturm durch den kühlender Wind in die Räume gelangt. Der Windturm wird allerdings im Winter nicht zum Nachteil, da die Räume dann nicht genutzt werden. Zwischen Sommer- und Winterräumen befinden sich zur Verbesserung des Klimas Pflanzen und Wasserbecken.

Stellschrauben der passiven Kühlung

Wahl des Standortes

Wenn das Klima in der Region eine Kühlung erforderlich macht, kann, wenn möglich bereits bei der Planung neuer Siedlungen, auf einen optimalen Standort bezüglich einer niedrigen sommerlichen Wärmebelastung geachtet werden. Es sollte dort gebaut werden, wo die sommerliche Sonneneinstrahlung möglichst gering ist und eine hohe Luftwechselrate vor allem am Abend und in der Nacht herrscht.

Die Lage an einem Nordhang ist die kälteste und schattigste Lage im Sommer. Die ungünstigste Lage für eine Siedlung mit hohem sommerlichen Kühlungsbedarf ist die Westlage.

Zu untersuchen ist die Lage zum Meer oder zu großen Seen, sowie die Lage zum Berg oder Gebirge.

Stark vereinfacht kann man sagen bei heißen, feuchten klimatischen Bedingungen ist die Lage auf dem Hügel am besten geeignet und bei heißem, trockenem Klima baut man besser am Fuße des Hügels. Bei gemäßigttem Klima wählt man die Lage zwischen den beiden Extrema.

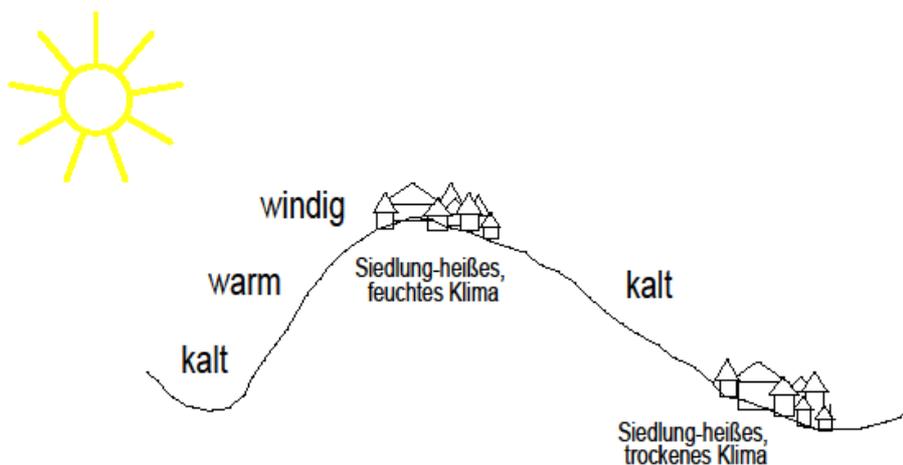


Abbildung 2.: Siedlungsstandorte

Bei der Planung eines Gebäudes in einer vorhandenen Siedlung sollte man sich die mikroklimatischen Bedingungen genau anschauen. Zum Beispiel sollte ein kleines Gebäude nicht im Windschatten eines großen Gebäudes gebaut werden.

Ausrichtung des Gebäudes und der Räume

„Im Osten geht die Sonne auf, im Süden ist ihr Mittagslauf, im Westen wird sie untergeh'n, im Norden ist sie nie zu seh'n.“

Dieser Spruch ist bei der Planung eines Gebäudes nicht zu unterschätzen. Anforderungen die daraus entstehen werden im nächsten Abschnitt aufgezeigt.

Bestimmte Gebäudegestaltung

Ein Ansatz, der bei der Gebäudegestaltung bereits berücksichtigt werden sollte ist, das eine Querlüftung im Gebäude möglich ist, um eine möglichst effektive natürliche Lüftung zu erreichen. Aber auch die Fragestellungen

- Welche Wände möglichst eine geringere Fläche als die anderen haben sollten?
- Wo sollen die Fenster am besten platziert werden und in welcher Größe?
- Wie kann ich die direkte Sonnenstrahlung durch bauliche Maßnahmen im Sommer abhalten und trotzdem im Winter die Sonne nutzen?

Grundsätzlich gelten folgende Leitgedanken in den verschiedenen Klimazonen, allerdings ist auch hierbei das Mikroklima zu beachten.

Klima

Bauliche Anforderungen

Warm, feucht:

Die Tiefe des Gebäudes minimieren
Westfassade mit möglichst klein bauen
Süd- und Nordfassaden mit möglichst großer Fläche
Möglichst große Fensterflächen

Heiß, trocken:

Die Tiefe des Gebäudes maximieren
Süd- und Westfassaden möglichst klein bauen
Möglichst kleine Fensterflächen

Mediterran:

Westfassaden möglichst klein bauen
Kleinere Fenster bzw. gut zu verschatten
Südfassaden mit Vorsprüngen um Sonnenstrahlen im Sommer zu verhindern

Massive Bauweise

Durch träge, dicke Wände oder Bauen im Erdreich erreicht man eine phasenverschobene Wärmeabgabe. Die Wände werden also tagsüber aufgewärmt und geben ihre Wärme nachts ab. Die Schwankungen der Außentemperatur werden nur abgemildert an die Raumlufttemperatur weitergegeben. Im Jemen verbaut man luftgetrocknete Lehmziegel die ebenfalls eine gute Wärmespeicherfähigkeit bieten.

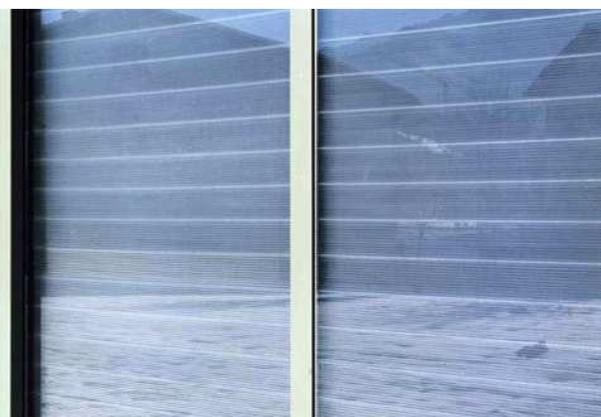


Abbildung 3.: PCM-Fassadenelement

Aber auch mit neuen Technologien versucht man diese thermische Trägheit allerdings bei möglichst geringer Masse zu erreichen. PCM (Phase Changing Materials) können viel Energie auf stark begrenztem Raum speichern und ermöglichen somit eine phasenverschobene Wärmeabgabe. Dazu wird ein Material gewählt, das durch Wärmezufuhr leicht den Aggregatzustand meist von fest zu flüssig ändern kann. Materialien die bereits in Baustoffe integriert werden sind Parafine und Salzhydrate, sie werden zum Beispiel in Raumverkleidungsplatten und Innenputzen verwendet. Bei Gebäuden mit PCM nutzt man die Vorteile des massiven Bauens, baut allerdings in Leichtbauweise.

Wärme die bereits in das Gebäude eingedrungen ist oder interne Wärmelasten können durch Konvektion oder über Wärmestrahlung an die Bauteile abgegeben werden. In diesen Bauteilen wird die Wärme gespeichert und dann nachts, zum Beispiel während der natürlichen Lüftung, an die kühle Luft abgegeben. Eine massive Betondecke von 25cm Dicke besitzt ein besonders großes Speichervolumen von 80 Wh/m². Abgehängte Decken erreichen nur noch eine Kapazität von 18 Wh/m². Allerdings können sie über einen großen Zeitraum ähnlich viel Wärme puffern, wie eine nicht abgehängte Decke.

Natürliche Lüftung

Ein Luftwechsel bedingt durch Temperaturunterschiede und den Wind. Unterschiedlich temperierte Luft sorgt für Druckdifferenzen, warme Luft ist leichter als kalte und steigt somit nach oben. Bei der natürlichen Lüftung wird die Abkühlung der Umgebungstemperatur in den Nächten ausgenutzt und die warme Luft im Gebäude durch diese ersetzt. Am Tag sollten die Fenster allerdings möglichst geschlossen bleiben, höchstens durch kurzes Stoßlüften Frischluft hereinlassen, damit der Raum nicht noch mehr aufgeheizt wird (Grenze für diese Methode liegt bei 150 Wh/(m²d)). Nachtlüftung ist dort möglich wo nachts in mindestens 5 Stunden eine Temperatur von 21 °C unterschritten wird.

- Fugenlüftung
- Schachtlüftung
- Windturm

Solarkontrolle

Um eine Erhitzung des Gebäudes im Sommer infolge der Sonnenstrahlung zu verhindern, muss diese reguliert werden.

Mithilfe starrer oder beweglicher Sonnenschutzanlagen kann man Fassadenbereiche und vor allem Fenster beschatten. Starre Sonnenschutzanlagen können zum Beispiel Vorsprünge über den Südfenstern sein. Diese halten die Strahlen der hochstehenden Sonne im Sommer ab, verhindern aber nicht die Erwärmung der Räume durch die tiefstehende Sonne im Winter. Im Sommer werden die Räume höchstens von diffusen Sonnenstrahlen erreicht, die die Räume nicht so stark aufheizen können und trotzdem genug Sonnenlicht für die Räume bringen.

Als bewegliche Sonnenschutzanlagen bezeichnet man Jalousien, Markisen, Lamellenstores oder Reflexrollos. Besonders effektiv sind bewegliche Sonnenschutzanlagen, wenn sie außen angebracht, steuerbar und hell sind. Rollos auf der Innenseite des Fensters ermöglichen eine indirekte Aufheizung, dadurch dass sich die Luftschicht zwischen Rollo und Fenster stark erhitzt. Jalousien bieten auch im Winter einen Vorteil, sie minimieren den Wärmeverlust.

Sonnenschutzglas sollte nur eingebaut werden, wenn andere Maßnahmen ausscheiden und sonst der sommerliche Wärmeschutz nicht gegeben ist. Denn diese sind sehr teuer und verhindern auch die Erwärmung der Räume im Winter und Erhöhen damit die Heizkosten.

Integration von Wasser

Wasser hat eine sehr hohe spezifische Wärmekapazität von ca. $4,185 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$. Das bedeutet, es wird viel Wärmeenergie benötigt um Wasser zu erwärmen und erwärmtes Wasser kühlt sich langsamer als andere Stoffe ab. Diese Eigenschaft ermöglicht es Wasser Temperaturgegensätze sehr effektiv auszugleichen. Dadurch wird Wasser oft als Kühlmittel verwendet. Aber auch bei der Verbesserung des Raumklimas kann diese Eigenschaft genutzt werden. Besitzen die warme Luft und das kältere Wasser eine Berührungsfläche, versuchen sie den Temperaturunterschied auszugleichen, dabei wird der Luft sehr viel Wärme entzogen. Verstärkt werden kann dieses Prinzip durch die Vergrößerung der Berührungsfläche z.B mithilfe eines Springbrunnens.

Hinzu kommt noch die Eigenschaft der Verdunstung des Wassers. Unter Verdunstung versteht man den Übergang in den gasförmigen Zustand unterhalb des Siedepunktes. Das Wasser muss wie eben beschrieben der umgebenden Luft die Wärme entziehen, allerdings müssen die Wassermoleküle an der Oberfläche die Verdampfungswärme erreichen, benötigen also sehr viel Wärmeenergie. Es entsteht, durch den Entzug der Wärmeenergie der Luft, die sogenannte Verdunstungskälte. Auch hierbei ist eine

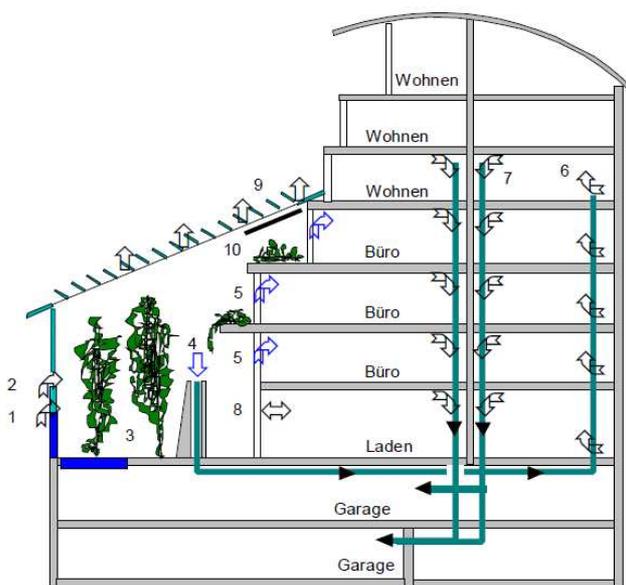


Abbildung 4: Karlsruhe Prisma Schnitt



Abbildung 5: Glashaus Karlsruhe Prisma

Vergrößerung der Oberfläche von Vorteil, da Wasser nur an der Oberflächen verdunstet. Diese Eigenschaft kann am besten in einem trockenen Klima ausgenutzt werden, vor allem wenn es sich um bewegte Luft handelt.

In der Alhambra kann man die Integration des Wassers sehr gut erkennen, deutlich wird vor allem auch der Versuch der Oberflächenvergrößerung.

Auch in modernen Gebäuden kann Wasser Einzug nehmen. Ein Beispiel dafür ist das Karlsruher Prisma. Das Karlsruher Prisma besteht aus Bürokomplexen, die mit Frischluft aus übergroßen Wintergärten, den „Glashäusern“, versorgt werden. Dieser Wintergarten ist bepflanzt und enthält einen künstlichen Bachlauf. Hinzu kommt noch eine ganz besondere Klimaanlage namens „Wasserfall“. Hierbei wird der Effekt eines Wasserfalls, dass die Luft unterhalb immer sehr kühl und gefiltert ist, simuliert. Das Regenwasser wird auf dem Dach gesammelt und dann in einer dünnen Wand schnell 5m nach unten fallen gelassen, dabei wird die Luft von außen angesogen und fällt mit dem Wasser nach unten. Durch diesen Vorgang wird die Außenluft im Sommer um ca. 4°C abgekühlt. Das heruntergefallene Wasser fließt dem Bachlauf hinzu.

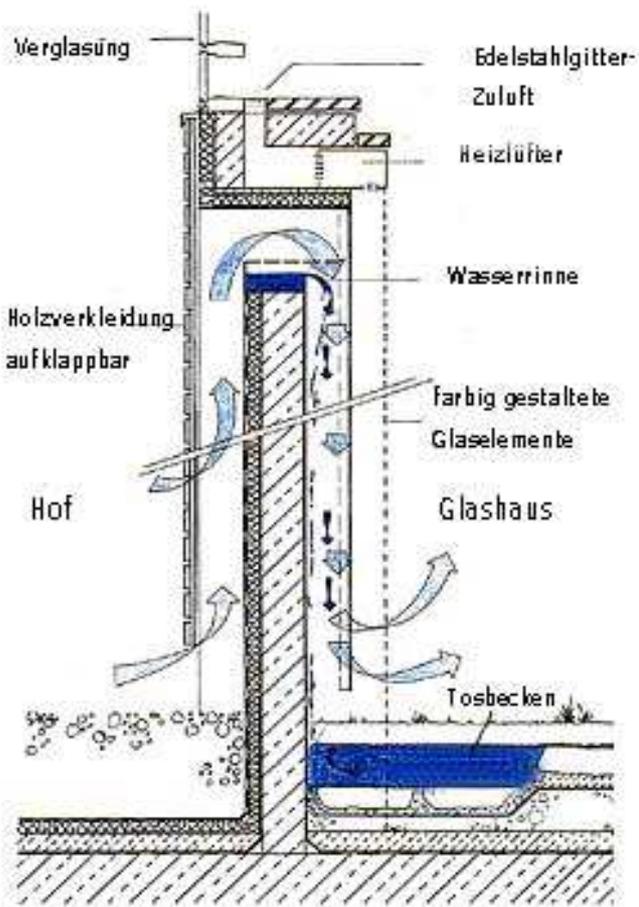


Abbildung 6: Funktionsprinzip Klimaanlage Wasserfall

Teilweise wird versucht die Wärme der Außenluft durch Wasser abzukühlen. Dabei verdunstet eine große Menge Wasser und ist für den Menschen nicht mehr nutzbar. Die Integration von Wasser auf einem Flachdach ist zwar für das Raumklima, dass von der Wärmestrahlung auf das Dach nicht weiter aufgeheizt wird, effektiv, allerdings verstärkt es die Trinkwasserknappheit. Denn das System ist gerade in den Gebieten besonders effektiv, in denen das Trinkwasser bereits knapp ist.

Bepflanzung

Bäume und andere Pflanzen dienen als Schattenspender, indem sie einen Schutz vor direkter Bestrahlung bieten. Somit können sie als Bepflanzung außerhalb des Gebäudes Einfluss auf die klimatischen Bedingungen im Innenraum nehmen.

Vor allem Pflanzen, die im Winter ihre Blätter verlieren bieten sich an, denn verliert der Baum im Winter seine Blätter werden die winterlichen Sonnenstrahlen durchgelassen und dienen der Erwärmung des Gebäudes. Innenhöfe werde gerne durch Vegetation verschattet.

Pflanzen können aber ebenfalls auch als Begrünung der Dach- oder Wandflächen dienen. Bei Dachflächen ist eine Begrünung je nach Lage des Gebäudes schwierig, weil sie keine direkte Sonneneinstrahlung verträgt. Grundsätzlich bieten Fassadenbegrünungen:

- Wärmedämmung durch ein Luftpolster zwischen Blattwerk und Wand
- Windschutz durch Konvektion weniger Wärmeverlust, da der Wind nicht direkt an der Wand angreifen kann
- Schallschutz
- Kühlung und
- Luftverbesserung

Besonders effektive Ausnutzung dieser Eigenschaften erhält man, wenn an den Südfassaden blattabwerfende und an den Nord-, Ost-, und Westfassaden immergrüne Pflanzen ranken.

Die Integration von Pflanzen in das Gebäude kann in Verknüpfung mit anderen Maßnahmen ebenfalls zu einer nützlichen Aufbereitung der Luft führen.

Weißer Anstrich der Fassaden

Eine Erhöhung der Reflexion der Sonnenstrahlen, durch die Wahl einer weißen Fassade, minimiert die Adsorption und somit die Wärmeaufnahme der Fassade.

Fazit

Nach der Ankunft in Spanien fiel mein Blick auf große Wohnkomplexe. Nahezu jede Wohnung besaß eine eigene kleine Klimaanlage, die der Optik der Häuser schadete und hohe Energiemengen verbraucht. Außerdem waren Sonnenschutzeinrichtungen nicht beim Erbauen vorgesehen worden. Jeder versuchte für seine Wohnung den bestmöglichen nachträglichen Sonnenschutz hinzuzufügen.

Überrascht wurde ich von den Sonnensegeln über den Straßen von Granada, die eine Aufheizung des Asphalttes verhinderten und Schatten boten. Auch in unserer Unterkunft merkte man, wie durch bauliche Maßnahmen ein sehr angenehmes Klima geschaffen werden kann. Zum Beispiel schützte der Innenhof und die Überdachungen die Wohnungen vor direkter Sonneneinstrahlung. Es gab zwar auch dort eine Klimaanlage, allerdings haben wir diese während unseres Aufenthaltes nicht genutzt (Hinzufügen ist allerdings, dass wir tagsüber die Unterkunft nicht genutzt haben und somit die Schlagläden zuhalten konnten).

Was früher von der passiven Kühlung verstanden wurde, zeigte die Alhambra ganz eindeutig. Trotz hohen Außentemperaturen war die Temperatur im Innenraum sehr gering. Die direkte, sommerliche Sonneneinstrahlung der hochstehende Sonne wurde komplett verhindert und jeder Innenhof beinhaltete Wasserbecken. Schade ist allerdings, dass die Wiederherstellung der ausgeklügelten Wasserspiele heute nicht mehr möglich ist und diese höchstens mit Pumpen betrieben werden können.

Allgemein kann man sagen, dass viele Erkenntnisse zur passiven Kühlung schon sehr alt, aber in den letzten Jahren in Vergessenheit geraten sind. Vertraut wurde mehr der technischen Alternative, da diese regelbar und zuverlässig ist. Dennoch kann man bereits einen Umbruch erkennen, der unter anderem auch an die Begrenzung der fossilen Brennstoffe gekoppelt ist. Es gibt eine Reihe gut umgesetzter passiver Kühlungskonzepte bei Neubauten und Sanierungen für Büro- und Wohngebäuden, sowie öffentlichen Gebäuden wie z.B Schulen.

Die komplette Kühlung der Gebäude ausschließlich durch passive Kühlung, wird voraussichtlich auch in Zukunft bei Gebäuden mit hohem Kühlungsbedarf eher die Ausnahme sein. Allerdings sehe ich gute Chancen für hybride Technologien.

Quellen

Santamouris, Passive Cooling of building, James&James Ltd, 1996

VDI-Nachrichten vom 15.01.2010

www.bosy-online.de/passive-hybride-Gebaeudekuehlung.pdf

www.metallatelier.de

www.lbs.de

www4.architektur.tu-darmstadt.de

www.hausderzukunft.at

www.stahl-sonnenenergie.de

www.enob.info

Abbildungen

Eva Humme nach Santamouris, Passive Cooling of building, James&James Ltd, 1996

www.baunetzwissen.de

www.stahl-sonnenenergie.de

Bergische Universität Wuppertal



Fachbereich D – Bauingenieurwesen
LuF Baukonstruktion & Holzbau
Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. von Grabe

Der Baustoff Ziegel-
Tradition und Technik

Verfasser: Fabienne Föth
Matr.- Nr. 710990

Inhaltsverzeichnis

Dachziegel- Herstellung	S. 3
Produktionsschritte: Rohstoffgewinnung	S. 4
Tongewinnung	S. 5
Tonaufbereitung	S. 6
Formgebung: Der Ton erhält seine Gestalt	S. 7
Trocknung	S. 10
Brennen	S. 11
Fazit	S. 13
Quellenangaben	S. 15

Der Baustoff Ziegel- Tradition und Technik

Dachziegel- Herstellung:

Um einen Dachziegel herzustellen sind folgende Produktionsschritte notwendig:

- Rohstoffgewinnung
- Tonaufbereitung
- Formgebung
- Trocknung
- Brand

Diese Schritte sind wesentliche Kriterien und entscheidend über die spätere Qualität des Ziegels. Die Fertigung der Ziegel ist saisonal und von März bis November.

Von dem ersten, aus Handmodellierten Ziegel, bis zur vollen Automatisierung bedurfte es einer Zeitspanne von ca. 3000 Jahren. Noch bis Anfang des 19. Jahrhunderts wurde der Dachziegel, manuell hergestellt.

Die Mechanisierung begann bei dem Produktionsschritt, der Tonaufbereitung, die körperlich anspruchsvollsten Aufgabe.

Mitte des 19. Jahrhundert wurde die Formgebung bei dem Brand technisch entwickelt. Mit diesem Fortschritt entwickelte sich ein Wechsel von der handwerklichen zu industriellen Produktion (vollautomatische Ziegelwerke).

Produktionsschritte

Rohstoffgewinnung:

Durch Wegeinschnitte, Schluchten, Baugruben, Gräben, Brunnen, usw. aber auch Pflanzenarten konnten Erkenntnisse über die Rohstoffzusammensetzung im Boden geschlossen werden. Sogenannte Lehm- und Tonzeiger, wie Klatschmohn, Maiglöckchen,...gaben weitere Hinweise wie reichhaltig der Boden an Lehm, Ton ist.

Schürfgruben bis zu 3m oder Bohrungen bis zu ca. 6 m Tiefe gaben Aufschluss über die Tonschichtungen. Aus den Schürfgruben oder Bohrungen entnahm man Bodenproben. Mit diesen Proben wurden Tonuntersuchungen und Probebrände durchgeführt um Aufschluss über die Qualität zu bekommen.

Heute werden Sondierungen, Bohrungen bis zu 50 m Tiefe oder geologische Karten als Hilfsmittel genutzt, um Probematerial zu gewinnen.

Tongewinnung:

Nachdem nach dem Sommer die Arbeiten in den Ziegeleien abgeschlossen sind, wird im Herbst der Ton gewonnen.



Bis 1870 wurden die Tone mit Hacke, Schaufel und Spaten, oder mit Tonspießen abgetragen.

Abb.: 1 Tonabbau im Jahre 1870

Heute erledigen Planiererraupen und viele andere technische Hilfsfahrzeuge den Tonabbau.



Für den Abtransport benötigte Körbe, Schubkarren werden, seit Mitte des 19. Jahrhunderts, ersetzt durch den Abtransport über Schienen oder Lastkraftwagen.

Abb.: 2 Tonabbau mit Bagger und LKW

Tonaufbereitung:

Der abgebaute Rohton muss noch so aufbereitet, umgeformt werden, damit der Ton plastisch und formbar wird. Ziel ist es, dass die dadurch entstandene homogene Masse alle für die weitere Fertigung erwünschten Eigenschaften besitzt. Die Masse gilt erst dann als homogen, wenn alle ihre Bestandteile auf Innigste miteinander vermischt sind.

Die Tonmineralteilchen sind im gewonnenen Zustand zusammengeballt. Notwendig für die weitere Verarbeitung des Tons ist, dass eine gute Plastizität und Bildsamkeit hat. Dies erreicht man durch die sogenannte Tonaufbereitung. Dabei lockert man den Ton auf, sodass die Teilchen vollständig mit Wasser umhüllt werden können.



Abb.: 3 Sumpfhaus

Die klassische Tonaufbereitung setzt sich aus verschiedenen Arbeitsschritten zusammen dem Tonaufschluss, Wettern, Sumpfen und Mauken, Schlämmen, Treten, Hauen und Schneiden.

Bei der natürlichen Aufschlussmethode, dem Wettern, werden dünne Tonschichten über mindestens eine Frostperiode gelagert. Durch die Wasserausdehnung während des Frosts dehnt sich der Ton aus und zerfällt beim Auftauen, er lockert auf. Beim Sommern, trocknet der Ton durch die Sonne, durch Regen oder Tau quillt er. Der ständige Wechsel zwischen Schwinden und Quellen lässt den Ton ebenfalls auflockern.

Das Sumpfen bestand darin das gewetternete Material in Sumpfruben zu wässern, um danach in Ruhelage die langsame, vollständige Aufnahme des Anmachwassers und damit den Tonaufschluss zu ermöglichen.

Das Mauken bestand darin, das fertig aufbereitete Material in Batzen zu pressen und anschließend in den Maukellern zu lagern.

Beim Schlämmen werden die Tone mit viel Wasser in ihre kleinsten Teilchen zerlegt. Die so entstandenen Schlämme werden gesiebt um sie von allen

Verunreinigungen zu befreien. Anschließend werden die gesäuberten Schlämme in Becken gelassen. Der Ton setzt sich ab und das Wasser wird abgelassen. Der Tonschlamm trocknet bis er verarbeitungsfähig ist.

Das Treten. Der Ton wurde nun auf sogenannten Tretplätzen mit den bloßen Füßen oder auch von Ochsen oder Pferden so lange bearbeitet, bis er geschmeidig geworden war.

Nach dem Treten wurde der Ton vom Tondrescher so lange mit speziellen Werkzeugen gehauen bis er die plastisch war.

Danach wurde der Ton in ca. 10 mm dicke Scheiben geschnitten um eventuelle Beimischungen zu erkennen und zu entfernen.



Abb.: 4 Tretplatz

Ende des 18. Jahrhunderts erschienen die ersten Maschinen für die einzelnen Arbeitsschritte. Zunächst glaubte man vollständig auf die historischen Arbeitsschritte der Aufbereitung verzichten zu können, doch man erkannte schnell, dass die Zeit bei der Aufbereitung eine entscheidende Rolle spielt. So mussten auch die modernen Aufbereitungsanlagen die historischen Methoden berücksichtigen.

Formgebung: Der Ton erhält seine Gestalt

Die Formgebung des Tons gelingt an Hand von Formrahmen, Tonblättern, Holzformen und Töpferscheiben. Das direkte Einstreichen, Einschlagen und Eindrücken von Ton in hölzerne oder eiserne Formrahmen gehörte zu der am häufigsten angewendeten Art der Formgebung. Durch diese Technik konnten Formvariationen, wie zum Beispiel eine seitliche Aufkantung beim Leistenziegel, (Zweiteiliger antiker Dachziegel) bestehend aus dem Flachziegel und dem Hohlziegel, umgesetzt werden.

Flachziegel stellte man her, indem man den relativ weich aufbereiteten Ton in einer Form mit einem sogenannten Abstreicher glatt strich, dies bezeichnete man als das Dachziegelstreichen.

Der Ziegelstreicher hatte einen Fromklotz über den ein Stück Leinen an der linken Seite des Klotzes angenagelt war. Die Ziegelform bestand aus einem schmiedeeisernen Rahmen.

Der Ziegelstreicher konnte bis zu 1000 Ziegel pro Tag streichen

In China und Nordafrika geschieht die Fertigung des Schalenziegels auf einer Drehscheibe. Auf der Scheibe steht ein hölzerner, konisch und mit einem Tuch umspannter Kübel um den herum eine dünne Lehmschicht aufgetragen wird. Um später den Ziegel in vier Teile brechen zu können, werden vier Stege um den Kübel gesteckt bevor die Lehmschicht aufgetragen wird.

Die Herstellung des Leistenziegels fand in der griechischen und römischen Antike bis ins frühe Mittelalter statt. Es wird angenommen, dass der rechteckige Ziegel mit Hilfe von Holzformen und vorgefertigten Tonblättern hergestellt wurde. Bevor der Ton von Hand in die Form gepresst wurde, besandete man die Form. Durch das einpressen des Tons an den Seiten entstanden die hochstehenden Leisten. Der von der Form überstehende Tonrand wurde abgeschnitten. Mit einem Streichholz glättete man die Ziegeloberseite.

Im Mittelalter legte man über den trapezförmigen, besandeten Holzrahmen ein Tonblatt. Zur Bildung der Leisten wurde der Ton über den Rahmen nach unten gebogen.

Für die Herstellung eines Hohlziegels sind zwei Arbeitsschritte notwendig.

In der Antike stellte man die Hohlziegel her, indem man ein Tonblatt auf einen hölzernen, trapezförmigen Rahmen strich und durch eine konische Holzform die gewünschte Rundung formte. Wegen der damaligen flachen Dachneigungen hatten diese Ziegel noch keine Nasen mit denen die Ziegel an der Dachkonstruktion befestigt werden. Diese Methode ist heute noch in den Mittelmeerländern, wie zum Beispiel Spanien, üblich.

Regional unterschieden sich die Techniken der Ziegler in der Form der hölzernen oder eisernen Rahmen, der Steifigkeit des Materials, der Ausformung der Nasen sowie der Bearbeitung der Ober- oder Unterseite der Ziegel.

Die Erfindung der Aufhängenasen erfolgte im 11. Jahrhundert, vermutlich für Hohl- und Flachziegel gleichzeitig. Bei der Hohlziegelvariante Nonne wurde die hakenförmige Nase ganz oben am breiten Kopfende, bei der Variante Mönch dagegen am schmalen Kopfende angebracht. Die Nase hatte einen Abstand zum Kopfende bis zu 8 cm, wo sie zur Abstützung des darüber liegenden Ziegels diente.

Während des 12./13. Jahrhunderts verkleinerte sich die Nase von einer zunächst durchgehenden Leiste auf die heutige quadratisch oder rechteckige Form. Am oberen Zielrand waren sie meist abgerundet und am Ende abgeschnitten. Die Formen der Nasen variierten zeitlich und regional stark.

Die traditionellen Deckungen sind heute noch in ganz Deutschland auf Kirchen, Burgen und Klöstern anzutreffen.

Am weitesten verbreitet ist der Biberschwanzziegel, eine ebene Tonplatte mit Aufhängenasen, deren unteres Ende, der Fuß, sehr verschieden geformt sein kann. Er ist vom Süden bis in den Nord-Osten Deutschlands verbreitet.



Abb.: 5



Abb.: 6

Biberschwanzziegel

Die Hohlpfannen, die aus einer zweifach gebogenen Tonplatte bestehen, findet man vom Norden bis in den Nordwesten.

Bei den maschinell gefertigten Dachziegeln unterscheidet man zwischen Press- und Strangdachziegel.

Pressdachziegel:

Die 1841 patentierte Erfindung der Gebrüder Gilardoni funktioniert folgendermaßen: Der in einer Schneckenpresse entstehende Materialstrang wird in einzelne Portionen abgeschnitten und zwischen eine Ober- und Unterform gepresst. Mit den Jahren wurden immer neuere und bessere Pressen

entwickelt, sodass es 1867 schon möglich war 720 Dachziegel in einer Stunde herzustellen. Ein enormer Fortschritt wenn man die bisherige Stückzahl 1000 Ziegel pro Tag bedenkt.

Der Ablauf der Formgebung setzt sich aus sechs Arbeitsschritten an der Pressmaschine zusammen. Mindestens sechs Arbeiter waren an der Presse beschäftigt

1958 gab es bereits vollautomatische Mehrfachpressen, die bis zu fünf Formlinge auf einmal pressten.

Trocknung:

Nach der Formgebung ist der Dachziegel noch weich mit einer geringen Endfestigkeit. Bei der Trocknung spielt die hohe Bindekraft des Tons eine wichtige Rolle. Während der Trocknung schwindet der Ton, bei diesem Prozess ist für die Festigkeit des Tons maßgebend, dass der Ton nicht reißt.

Die Trocknung kann sowohl natürlich als auch künstlich geschehen.



Abb.: 7 Absetzwagen

Natürliche Trocknung:

Da der Ton durch Sonneneinstrahlung, Wind und Regengüsse eine Formänderung zeigt, war die Trocknung unter freiem Himmel unüblich.

Man bevorzugte Trockenscheunen und Ziegelscheunen. In den Trockenschuppen hatte man Schienen für den Transport der Formlinge, sie kamen bis zu einer Breite von 18 m vor. Ziegelscheunen hingegen waren mehrstöckige Gebäude, in denen die Ziegel gleichzeitig gestrichen und auf Trockenbrettchen getrocknet wurden.

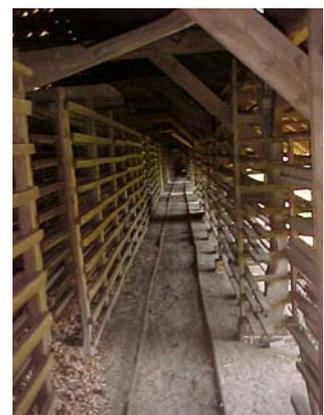


Abb.: 8 Trockenschuppen

Die künstliche Trocknung. Der älteste, künstliche Trockenofen ist der Großraumtrockner, der an der Seite und oberhalb von den Brennöfen gebaut wurde. Man nutze so die abstrahlende Wärme der Öfen. Zunächst bestückte man den Trockenraum mit Hand ab 1900 mit einem Absetzwagen und Gerüsten.

Der Großraumtrockner wurde 1870 durch Ofenabwärme beheizte Kanaltrockner abgelöst. Zur gleichen Zeit wurde in Deutschland auch der erste Kammertrockner gebaut. Die Trockenkammern waren bis zu 5 m lang. 1949 waren wichtige Fortschritte zu Trocknung gemacht mit dem Klimatrockner, der die Regelung von Trockentemperatur und Luftfeuchte zuließ.

Die modernen Ziegelwerke arbeiten heute mit Kammertrocknern und Durchlauftrocknern, die vollautomatisch befüllt, entleert und gesteuert werden.

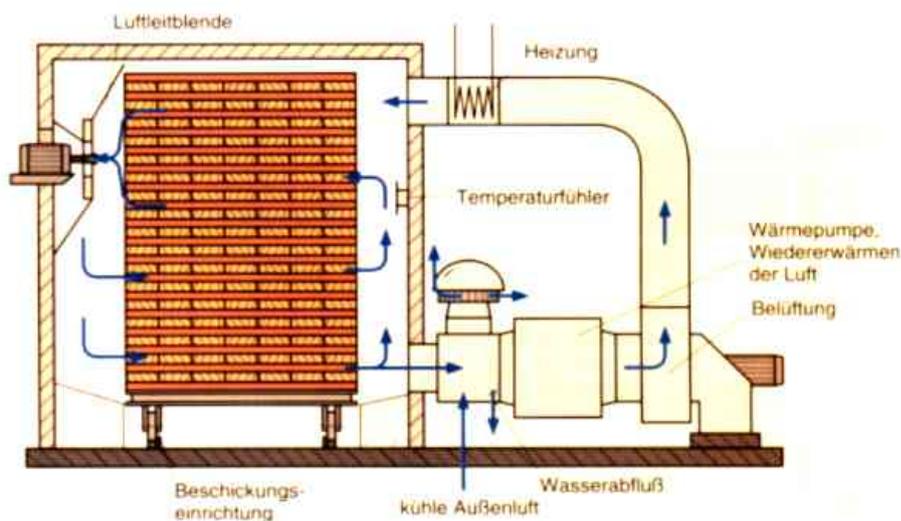


Abb.: 8 Kammertrockner

Brennen:

„ Das Brennen ist dir Krone des Ziegels“ sagt eine alte Ziegelweisheit. Bei dem Brennvorgang wird der Ton unter Wahrung seiner Form so umgewandelt, dass der Werkstoff Ziegel entsteht.

Während des Brandes, der in drei Brennphasen: Anwärmen, Aufheizen und Garbrand unterteilt ist, entstehen Temperaturen zwischen 850 Grad Celsius und 1150 Grad Celsius, wobei es zu physikalischen und chemischen Reaktionen

kommt. Über diese vielen und komplizierten Reaktionen wussten die Ziegler früher sehr wenig.

In der Vergangenheit gab es eine Vielzahl von Ofenbauarten, diese bis zur heutigen Zeit noch in den Drittweltländern zu finden sind. Es sind keramische Erdöfen in denen das Brennen von einem Tonziegel in einen Ziegel Wochen dauert. In moderne Brennanlagen dauert es hingegen nur ein paar Stunden.

Die Ofenarten lassen sich nach verschiedenen Kriterien gliedern: Betriebsweise, Energiequelle (holz-, torf-, kohle-, öl-, oder gasbeheizt), die Flammenführung und die Veränderbarkeit der Feuerzone.

Ein ganz entscheidender Arbeitsschritt des Brennens ist das Setzen der Dachziegel in den Ofen „Gut gesetzt ist halb gebrannt“- das wussten auch schon die alten Ziegler.

An dieser Tatsache hat sich bis heute nichts geändert. In den modernen Tunnelöfen geschieht das Setzen der Rohlinge auf einen Ofenwagen vollautomatisch. Bei dem Setzen des Rohlings ist wichtig, dass er überall gleichmäßig von der Verbrennungsluft umströmt werden kann. Da die Ziegel eine geringe Eigenstabilität haben, müssen die beim Setzen in eine Reihe, zu einem Blatt, mit einer Stützhilfe versehen werden.

Meist wurden die Dachziegel Rücken an Rücken gelegt, wegen der Aufhängenasen.

Die besten Bauweisen der Ziegelöfen haben der römische Ziegelofen, der Meiler- und Feldbrand und der Ringofen.

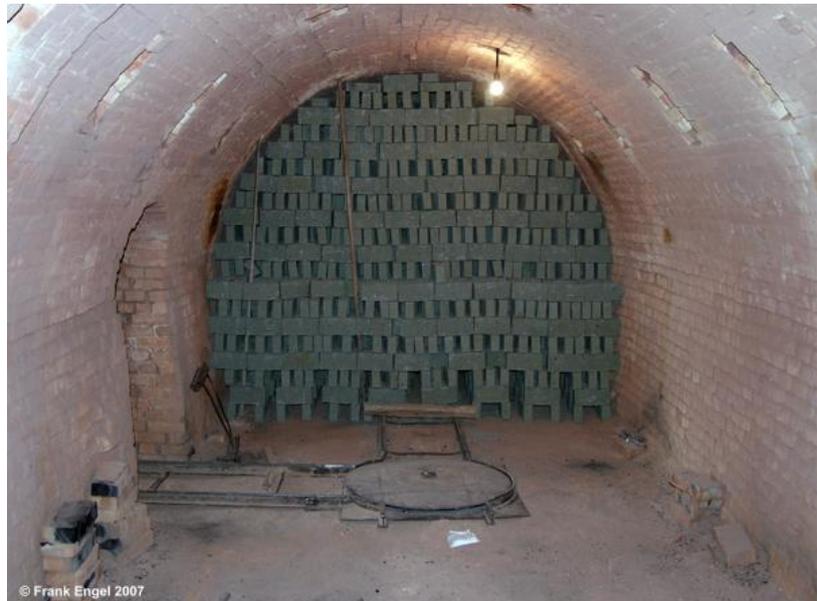


Abb.: 9 Ziegelöfen

Fazit:

Auf Grund der Vielfältigkeit bei der Formgebung des Tons und der aufwändigen Herstellung des Dachziegels, liegt der Schwerpunkt bewusst auf dieser Art der Verwendung des Werkstoffs Ziegel.

Anschließend ist jedoch noch zu erwähnen, dass die Verwendung des Ziegels als Ziegelstein zum Bau ebenfalls eine sehr häufige Verwendung findet.

Heute verwendet man den Ziegel nicht mehr als einfach quadratischen Baustein. Die Wissenschaft zeigte während Ende des 1900 Jahrhunderts bis heute große Fortschritte im Hinblick auf die energetische Entwicklung. Der moderne Ziegelstein ist innen hohl, jedoch mit einer Ausfachung. Dies hat nicht nur ein geringeres Gewicht zu Folge, sondern es entstehen dadurch eine erheblich bessere Wärmedämmeigenschaft.

Das Füllen des Gefachs mit Schaumstoffen ist eine weitere Idee durch diese noch einmal eine wesentliche Verbesserung der Isolierung vorweisen.

Im Laufe der Jahrzehnte hat sich so aus einem einfachen Ziegelbaustein ein energetisch sehr wertvolles Produkt entwickelt.

Quellenangaben

Abbildungen:

Abbildung 1 Tonabbau im Jahre 1870:

<http://keramik-atlas.de/keramiknews/wp-content/uploads/2009/08/bergbaumuseum-1.jpg>, Stand: 19.04.2010

Abbildung 2 Tonabbau mit Bagger und LKW:

http://www.bpz-online.de/xml-import/bilder/bpz/2008-10/600x/thumb_bpz1008065_jpg.jpg, Stand: 19.04.2010

Abbildung 3 Sumpfhaus

<http://www.ortsmuseum-wiedikon.ch/bilder/om-hp-wiedikon/om-hp-zuercher-ziegeleien/zz-foto3.jpg>, Stand: 31.06.2010

Abbildung 4 Tretplatz

<http://www.kiekeberg-museum.de/so-ist-es-bei-uns/historischegebaeude/industriezeit/laendliche-ziegelei.html>, Stand 1.07.2010

Abbildung 5 Biberschwanzziegel:

http://www.halama-presse.de/wp-content/uploads/presseportal/koramic/KC_09031_Castell/Foto_3.jpg&imgrefurl=http://www.halama-presse.de/2009/03/01/koramic-tondachziegel-praegen-europas-daecher/&usg=__1t_LcnkWdxsqVowOMVOtiss2gkc=&h=695&w=500&sz=136&hl=de&start=6&um=1&itbs=1&tbnid=1D-dC4PvnM9XFM:&tbnh=139&tbnw=100&prev=/images%3Fq%3Dbiberschwanzziegel%26um%3D1%26hl%3Dde%26client%3Dfirefox-a%26hs%3DdpG%26sa%3DN%26rls%3Dorg.mozilla:de:official%26channel%3Ds%26ndsp%3D20%26tbs%3Disch:1, Stand: 19.04.2010

Abbildung 6 Biberschwanzziege:

http://image.historisches-fachwerk.com/upload/image/I212_200712315311.JPG, Stand: 20.04.2010

Abbildung 7 Absatzwagen:

http://www.ame.at/images/content/images/high_line/high_Absatzwagen_kl.jpg, Stand: 21.04.2010

Abbildung 8 Trockenschuppen

http://www.google.de/imgres?imgurl=http://ziegelei-bevern.de/Tour/LHuette.jpg&imgrefurl=http://www.ziegelei-bevern.de/Tour.html&usg=__aot0FBXKbpB7Dnaw2QMnJQknrEw=&h=640&w=480&sz=53&hl=de&start=3&um=1&itbs=1&tbnid=2a-Z2hZIRG8TfM:&tbnh=137&tbnw=103&prev=/images%3Fq%3Dtrockenschuppen%26um%3D1%26hl%3Dde%26client%3Dfirefox-a%26rls%3Dorg.mozilla:de:official%26tbs%3Disch:1, Stand 1.017.2010

Abbildung 8 Kammertrockner:

<http://www.holzwurm-page.de/files/images/trocken.jpg> , Stand: 21.04.2010

Abbildung 9 Ziegelofen:

http://www.feldbahnseite.de/zoom.htm?http://www.feldbahnseite.de/pl_cza/ofen.jpg, Stand: 21.04.2010

Literatur:

Bender Willi, Schrader Mila: Dachziegel als historisches Baumaterial. Ein Materialleitfaden und Ratgeber, Edition: anderweit Verlag, 1999

Bergische Universität Wuppertal



Fachbereich D – Bauingenieurwesen
LuF Baukonstruktion & Holzbau
Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. von Grabe

Thema: Regenerative Energien

Verfasser: Mahdi Ayadi
Diplom II
Matr.- Nr.: 527754

Inhaltsverzeichnis

1. UMWELTPOLITIK	2
2. ENERGIEERZEUGUNG	3
3. REGENERATIVE ENERGIEN.....	5
3.1 Solarenergie	5
3.1.1 Fotovoltaik	5
3.1.2 Sonnenkollektoren.....	5
3.1.3 Solarturmkraftwerke	5
3.1.4 Parabolrinnenkraftwerke.....	5
3.1.5 Aufwindkraftwerke	6
3.1.6 Parabolspiegelanlagen.....	6
3.1.7 Solarschmelzofen.....	6
3.2 Windenergie.....	7
3.3 Wasserkraftwerke	8
3.3.1 Laufwasserkraftwerk	8
3.3.2 Speicherkraftwerk.....	8
3.3.3 Pumpspeicherkraftwerk	8
3.3.4 Kavernenkraftwerk	8
3.3.5 Gezeitenkraftwerk	8
3.3.6 Wellenkraftwerk	8
3.3.7 Meeresströmungskraftwerk	8
3.3.8 Strom-Boje	8
3.4 Biomasse.....	8
3.5 Geothermie (Erdwärme).....	9
4. AKTUELLE PROJEKTE.....	10
4.1 Andasol	10
4.2 Solar Tres	10
4.3 Plataforma Solar de Almería.....	10
4.4 Planta Solar	10
4.5 Nevada Solar One.....	11
4.6 Desertec.....	11
4.7 Alpha Ventus.....	11
4.8 Bard offshore 1.....	11
5. UMWELTMESSEN 2010	12
6. QUELLENVERZEICHNIS	13

1. Umweltpolitik

Im ursprünglichen Vertrag zur Gründung der Europäischen Gemeinschaft von 1957 war Umwelt noch nicht als Thema enthalten gewesen. Auf dem Pariser Gipfel von 1972 ist dann beschlossen worden, der Umwelt einen höheren Stellenwert einzuräumen und innerhalb der heutigen EU-Kommission die neue Generaldirektion Umwelt einzurichten. Offizieller Bestandteil der Integrationsverträge wurde die Umwelt aber erst mit der Einheitlichen Europäische Akte von 1986. Mit dem 1997 beschlossenen Vertrag von Amsterdam müssen die Auswirkungen auf die Umwelt bei allen Maßnahmen der Europäischen Union bereits im Vorfeld überprüft werden. Die EU ist mit mehr als 350000 Arbeitsplätzen und 30 Milliarden Euro Jahresumsatz weltweit führend in der Entwicklung erneuerbarer Energien.

2. Energieerzeugung

Es gibt keinen „besten“ Kraftwerkstyp, jeder besitzt spezifische Vor- und Nachteile.

Insbesondere auf Grund der hohen Flexibilität bezüglich Lastanpassung, geringer Standortabhängigkeit, kurzen Bauzeiten, niedrigen Baukosten und verhältnismäßig niedrigen Emissionen war die Stromerzeugung aus Erdgas mit 83,7 GW der Spitzenreiter bezüglich des Zubaus von neuer Kraftwerksleistung zwischen 2000 und 2008 in der EU, an zweiter Stelle lag Windkraft mit 55,2 GW[8].

Die untere Tabelle zeigt unter anderem die Investitionskosten für ein neues Kraftwerk und bezieht sich auf die Erzeugung von 1 KW elektrischer Spitzenleistung. Letztlich sind aber die Kosten ausschlaggebend, welche entstehen, um eine Kilowattstunde Strom zu erzeugen. Das heißt

für eine Vollkosten-Stromerzeugungs-Rechnung muss man neben den Investitionskosten und der Bauzeit insbesondere auch die jährliche Laufzeit, Brennstoff-, Unterhalts-, indirekte Umwelt-, Rückbau- und Entsorgungskosten berücksichtigen. Zudem muss man beachten wie flexibel ein Kraftwerk Strom erzeugen kann: Ein flexibles Kraftwerk (zum Beispiel Gas, Öl oder Speicherkraftwerk), welches insbesondere während dem Spitzenstrombedarf und somit während hohen Strompreisen Strom produziert, arbeitet auch bei überdurchschnittlichen Stromerzeugungskosten immer noch profitabel.

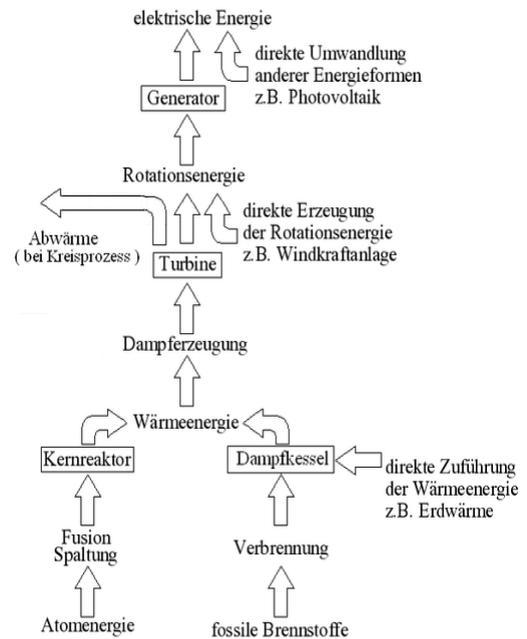


Abb.1: Energieerzeugungsprozesse

Typ	Gaskraftwerk	Kohlekraftwerk	Wasserkraftwerk	Kernkraftwerk	Windkraftanlage	Photovoltaik
Baukosten in €/kW (max)	460	2000	1500	5000	1050 onshore 1950 offshore	3500
Brennstoffkosten	hoch	Mittel	Keine	Niedrig	keine	keine
effektive Laufzeit/Jahr	40 %	85 %	60 %	85 %	20 % onshore 32 % offshore	10 %
Besonderheit	sehr flexible Lastanpassung günstige Investitionskosten kurze Bauzeit	sehr klimaschädlich (CO ₂) radioaktive Asche Umweltbelastung	keine Brennstoffabhängigkeit sehr flexible Lastanpassung lange Bauzeit (große Kraftwerke) abhängig von der geographische Lage	geringe Flexibilität lange Bauzeit hohe Entsorgungs- und Rückbaukosten	keine Brennstoffabhängigkeit Wetter- und Standortabhängig kurze Bauzeit	keine Brennstoffabhängigkeit Wetter- und Standort abhängig kurze Bauzeit Installation auf bebauten Flächen Konkurriert ev. mit Endkundenstrompreis

Abb. 2: Vergleich einiger Kraftwerkstypen

Nachteile konventioneller Kraftwerke:

- Kohlekraftwerke: haben einen großen CO₂-Ausstoss
- Atomkraftwerke: haben ein zu hohes gesundheitliches Risiko

- Solarkraftwerke: bringen keine Klimaproblem

Vorteile regenerativer Kraftwerke:

3. Regenerative Energien

Die Klimaerwärmung und die Energieabhängigkeit verlangen nach einer verzüglichen Anpassung unserer Art und Weise, Energie zu erzeugen und zu verbrauchen.

Die erneuerbaren Energiequellen, die uns vor Ort zur Verfügung stehen, können dazu beitragen mit geringem oder gar keinen CO₂-Ausstoss zu leben. 2005 verlief sich der Anteil dieser Energien am Energieendverbrauch der EU auf 8,5 %. 2020 ist ein Anteil von 20 % anvisiert.

3.1 Solarenergie

Die von der Sonne auf die Erde gestrahlte Energie, ist rund 15000-mal höher als der gesamte Verbrauch von Primärenergien auf der Erde. Im Laufe der Zeit wurden zahlreiche Energiegewinnungstechniken entwickelt.

3.1.1 Fotovoltaik

Fotovoltaik ist die bekannteste Art die Sonne zu nutzen. Fotovoltaik sind Solarzellen, die aus sogenannten Solarmodulen bestehen. Diese können unter Zufuhr von Licht und Wärme positive und negative Ladung freisetzen und so die Leistung erzeugen.

Diese Leistung kann dann zum Aufladen von Akkus oder zum Betreiben von Motoren nutzen.

3.1.2 Sonnenkollektoren

Sonnenkollektoren werden auf Hausdächer zum Erhitzen von Wasser benutzt. Es befindet sich ein Wärmeleiter unter einer schwarzen, nicht reflektierenden Oberfläche. Der erhitzte Wärmeleiter nimmt in einem Wassertank einen Wärmeaustausch vor. Somit wird Wasser warm.

3.1.3 Solarturmkraftwerke

Es werden über 100 Spiegel bei jeder Sonnenstellung von einem Computer so ausgerichtet, dass der reflektierte Lichtstrahl genau auf den Absorber der Turmspitze des Kraftwerks zeigt. Die sich in der Turmspitze befindende Flüssigkeit wird durch die auftreffende Hitze von bis 1000 °C zum Verdampfen gebracht. Der Dampf treibt eine Turbine an und erzeugt somit Strom. Ein Kraftwerk kann mit 1880 Spiegel (mit einem Flächeninhalt von 40m²) 10 MW produzieren. Der Turm in der Mitte hätte in diesem Fall eine Höhe von 91m.

3.1.4 Parabolrinnenkraftwerke

Eine große Fläche mit Parabolspiegel, die eine gewölbte Form (also eine Rinnenform) besitzen. Diese Parabolspiegel werden mit der Sonne so ausgerichtet, dass die reflektierten Sonnenstrahlen auf einer sogenannten Brennlinie treffen. Diese Brennlinie ist ein Rohr, das

mit einer gut wärmeleitenden Flüssigkeit gefüllt ist und diese durch das auftreffende Licht auf bis zu 400 °C erwärmt. Der Wärmeträger wird dann durch verschiedene Rohre zu einem Wärmetauscher transportiert, wo die Wärme des Wärmeleiters das Wasser zum Verdampfen bringt. Der Dampf wird durch eine Turbine geführt, die dann Strom erzeugt (mit einem Generator). Nachdem das Wasser die Turbine angetrieben hat, wird es wieder abgekühlt und in den Wärmetauscher gelassen. Es gibt 9 vorhandene Parabolrinnenkraftwerke in Südkalifornien, die insgesamt 354 MW erzeugen. Der Wirkungsgrad beträgt bei diesen Kraftwerken ca. 14%.

3.1.5 Aufwindkraftwerke

Die Luft wird unter einer großen Glasfläche durch die Sonne stark erhitzt. Die warme Luft wird einem langen Kamin zugeführt und steigt dort auf. Die warme aufsteigende Luft bringt eine Turbine innerhalb des Kamins in Bewegung und produziert Strom. Aufwindkraftwerk Ciudad Real südlich von Madrid: Die Glasfläche hat einen Durchmesser von 240 m und der Kamin eine Höhe von 195 m.

3.1.6 Parabolspiegelanlagen

Parabolspiegelanlagen bestehen aus Hohlspiegel mit einem Durchmesser von 3 m bis 25 m. Diese werden der Sonne auf 2 Achsen nachgeführt. Die auftreffenden Strahlen werden auf einen im Brennpunkt montierten Motor gelenkt. Der Motor wandelt die Wärmeenergie direkt in mechanische Arbeit um und erzeugt auf diese Weise Strom. Diese Kleinkraftwerke können als Einzelanlage oder verbunden mit mehreren benutzt werden. Einzelanlagen mit einer Leistung von 10 bis 50 KW haben einen Spiegel mit einem Durchmesser zwischen 10 m und 17 m.

3.1.7 Solarschmelzofen

Solarschmelzofen von Odeillo in Frankreich:

64 Spiegel mit einer Gesamtfläche von 2835 m² reflektieren das Sonnenlicht in einem großen Hohlspiegel. Dieser Hohlspiegel hat eine Fläche von 1068 m². Der große Spiegel konzentriert das Licht auf eine Fläche von 625 cm². Das heißt, dass das Licht mit dem 20000-fachem konzentriert wird. Der Brennpunkt erreicht eine Temperatur von fast 4000°C.



Abb.3: Solarschmelzofen in Odeillo

Da Solaröfen nur mit einer extremen Sonnenscheindauer lukrativ wären, wird der Ofen in Odeillo nur für wissenschaftliche Zwecke verwendet.

3.2 Windenergie

Windkraftwerke sind eine moderne Ausführung der Windmühlen, womit man im Altertum mechanische Energie aus Windenergie gewonnen konnte. Die Stromgewinnung aus Wind hat in Europa stark zugenommen. Theoretisch könnte man damit den Strombedarf von Dänemark und Ungarn decken.

Windkraftanlagen gibt es in zwei Arten: **Onshore-** und **Offshore-**Windkraftanlagen. Die Funktionsweise ist bei beiden Arten gleich. Die Flügel des Windrades (Rotoren) werden durch den Wind in eine Drehung versetzt. Diese Rotation treibt einen Generator an, was mechanische Energie in Strom umwandeln kann.

Onshore-Windkraftanlagen sind auf dem Festland, während Offshore-Windkraftanlagen auf hoher See gebaut werden. Windanlagen auf hoher See haben den Nachteil, dass deren Baukosten fast doppelt so hoch wie die der Onshore-Anlagen sind. Der Vorteil ist, dass Offshore-Anlagen aufgrund der höheren Windgeschwindigkeiten eine 50% höhere Leistung erzielen können. Geplant ist, dass bis 2020 ca. 2000 Windräder in Nord- und Ostsee mit einer Gesamtleistung von etwa 10 – 11 GW Leistung ans Netz gehen.

Spanien ist einer der größten Wachstumsmärkte für erneuerbare Energien. Mit 825 Mill. Euro floss der Hauptteil der Investitionen für regenerative Anlagen im Jahr 2001 in den Windenergiebereich. Damit entstanden 1.393 Anlagen mit einer Gesamtleistung von 1.050 MW. Onshore-Anlagen sind bereits auf der Fahrt über die A 92 von Malaga Richtung Granada zu sehen. (siehe Abbildungen)



Abb.4: Windkraftanlagen an der A92 Richtung Granada



Abb.5: Onshore Anlagen in der Provinz Andalusien

3.3 Wasserkraftwerke

Es gibt kleine Wasserkraftwerke oder große Staudämme. Der Energiegewinnungsprozess ist gleich. Das energetische Potenzial eines Wasserfalls wird in elektrische Energie umgewandelt.

3.3.1 Laufwasserkraftwerk

Bei einem Laufwasserkraftwerk wird ein Fluss gestaut und mit dem abfließenden Wasser elektrischer Strom produziert.

3.3.2 Speicherkraftwerk

Bei einem Speicherkraftwerk wird das Wasser über einen Zeitraum (mehrere Stunden bis mehrere Monate) gespeichert, um bei Bedarf wertvolle Spitzenenergie zu erzeugen.

3.3.3 Pumpspeicherkraftwerk

Ein Pumpspeicherkraftwerk ist ein Speicherkraftwerk, bei dem mit überschüssigem Strom Wasser aus einer niedrigen Lage in einen höher gelegenen Stausee gepumpt wird, um später Spitzenstrom zu erzeugen. Pumpspeicher-Kraftwerke bieten als einzige Energieanlagen die Möglichkeit, Elektrizität wirtschaftlich und in nennenswertem Umfang mit Hilfe potentieller Energie (Speicherwasser) zu speichern.

3.3.4 Kavernenkraftwerk

Ein Kavernenkraftwerk verwendet künstlich geschaffene Hohlräume als Energiespeicher oder als Standort für Kraftwerkskomponenten.

3.3.5 Gezeitenkraftwerk

Ein Gezeitenkraftwerk nutzt die Energie aus dem ständigen Wechsel von Ebbe und Flut.

3.3.6 Wellenkraftwerk

In Wellenkraftwerken wird, im Unterschied zu einem Gezeitenkraftwerk, nicht der Tidenhub, sondern die Energie der kontinuierlichen Meereswellen selbst ausgenutzt.

3.3.7 Meeresströmungskraftwerk

Ein Meeresströmungskraftwerk nutzt die kinetische Energie von Meeresströmungen.

3.3.8 Strom-Boje

Eine Strom-Boje wandelt die kinetische Energie des Wassers in elektrische Energie um. Bei diesem neuartigen Typ wird das Landschaftsbild und der Wasserspiegel nicht verändert.

3.4 Biomasse

Biomasse wird aus Pflanzen, Tieren und Siedlungsabfällen gewonnen. Die Anwendungen sind vielfältig. Daraus kann man Wärme, Strom oder Biokraftstoffe produziert werden. Die wohl bekannteste Form wäre das Verbrennen von Holz.

Die Biomasse wird zunächst in Biogas umgewandelt. Daraus lassen sich verschiedene Kraftstoffe wie Biodiesel oder Bioethanol herstellen. Die EU möchte, dass bis zum Jahre 2020 etwa 10 % des Diesel- und Benzinbedarfs aus Biokraftstoffen gedeckt wird.

Derzeit werden zwei Millionen Hektar der landwirtschaftlichen Nutzfläche mit nachwachsenden Rohstoffen bepflanzt, anvisiert sind vier Millionen. Auf jedem Hektar sollen acht bis zehn Tonnen Biotrockenmasse jährlich entstehen. Ein Kilo Trockenmasse entspricht 0,4 Liter Heizöl.

3.5 Geothermie (Erdwärme)

Unter Geothermie versteht man die Nutzung von Erdwärme. Mit der Tiefe nimmt die Temperatur in den Gesteinsschichten durchschnittlich um 3°C pro 100 m zu. Hierfür ist der Wärmestrom aus dem Erdinneren an die Erdoberfläche verantwortlich. Das Wärmepotenzial ist insgesamt groß genug, um den Heizbedarf von Wohngebäuden mittels Erdwärmesonden und Wärmepumpe zu decken. Erdwärme kann auch zur Erzeugung von elektrischem Strom genutzt werden. Diese Art der Energiegewinnung ist relativ neu und vielversprechend.

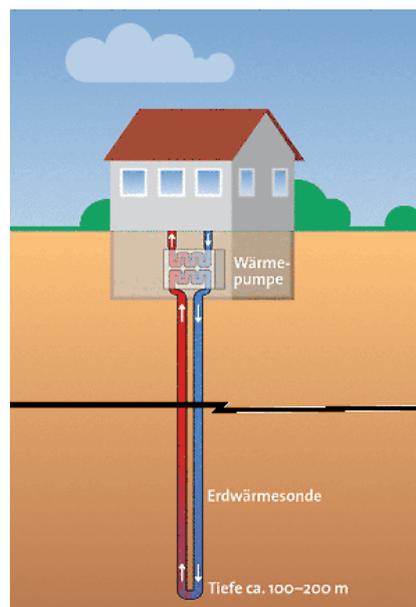


Abb.6: Das Prinzip der Geothermie

4. Aktuelle Projekte

4.1 Andasol

Andasol 1 bis 3 sind die ersten Parabolrinnenkraftwerke Europas. Diese befinden sich ca. 10 km östlich von Guadix in der spanischen Provinz Granada. Alle Projekte wurden von dem erlanger Unternehmen Solar Millennium AG entwickelt und initiiert. Mit einer (Netto-)Stromproduktion von rund 150 GWh im Jahr und einer Kollektorfläche von über 1.5 Millionen Quadratmetern (entspricht 210 Fußballfeldern) sind es die größten Solarkraftwerke der Welt. Dieses Projekt hat einen Investitionsvolumen von ca. 300 Millionen Euro.



Abb.7: Andasol in Guadix

4.2 Solar Tres

Bei Solar Tres handelt es sich um ein solarthermisches Kraftwerk, was eine Spitzenleistung von etwa 15 MW hat. Es befindet sich im Westen der Stadt Écija, im spanischen Andalusien. Es besteht aus 2493 Glas-Metall-Scheiben, die das Licht an die Turmspitze zurückreflektieren (siehe 3.1.3).



Abb.8: Solar Tres

4.3 Plataforma Solar de Almería

Plataforma Solar de Almería ist eine 100 Hektar großes Gelände bestehend aus Parabolrinnensystemen. Dieses Solarthermische Kraftwerk wurde 1981 in Betrieb genommen. Es wird heute noch überwiegend für Test- und Forschungszwecken genutzt.

4.4 Planta Solar

Planta Solar befindet sich in der Nähe der südspanischen Stadt Sevilla. Die 11 MW Solarturmanlage Planta Solar10 (PS10) ging Ende März 2007 mit 624 große bewegliche Spiegel ans Netz. In der zweiten Ausbaustufe wird derzeit eine Turmanlage mit 20 MW (PS20) errichtet. Es sollen noch fünf weitere Parabolrinnenkraftwerke mit je 50 MW entstehen.

4.5 Nevada Solar One

Nevada Solar One ist das drittgrößte Solarrinnenkraftwerk der Welt. Es befindet sich in der Nähe von Boulder City im amerikanischen Bundesstaat Nevada. Es besteht aus 19.300 parabolische Spiegel von je 4 Meter Länge. Die Anlage erstreckt sich über 1,4 Quadratkilometer oder 212 Fußballplätze. Die Regierung Nevadas möchte bis 2015 erzielen, dass 20% des Strombedarfs durch Sonnenenergie gedeckt wird.

4.6 Desertec

Das Desertec-Projekt wurde für die Übertragung von in Wüstenregionen erzeugtem Solar- und Windstrom nach Europa entwickelt. Dabei wird die Sonnenenergie mit Hilfe von solarthermischen Kraftwerken im Nahen Osten und Nord-Afrika genutzt. Der Strom wird dann mittels HDVC-Leitungen bis nach Europa geleitet. Es wird mit einem Übertragungsverlust von insgesamt 10–15 % gerechnet. Es wird anvisiert, dass bis zum Jahre 2050 etwa 10–25 % des europäischen Strombedarfs aus den Wüsten gedeckt werden. Zu der „Desertec Foundation“ gehören zu den 13 Mitgliedsstaaten mehrere große Konzerne wie die Deutsche Bank, Siemens, EON, ABB und RWE.

4.7 Alpha Ventus

Alpha Ventus ist der erste Offshore-Windpark in Deutschlands Hoheitsgewässer. Es wurde 45 Kilometer vor der Küste der Insel Borkum gebaut. Die Investitionssumme hatte Höhe von 250 Millionen Euro. Neben der reinen



Abb. 9: Offshore Windkraftwerke in der Nordsee

Stromgewinnung dient Alpha Ventus auch als Testfeld für Forschungsprojekte in Sachen Naturschutz, die vom Bundesumweltministerium gefördert werden. Am 27. April 2010 wurde Alpha Ventus offiziell eröffnet.

4.8 Bard offshore 1

Im April war der Baubeginn des Windparks „Bard offshore 1“ rund 100 Kilometer nordwestlich der ostfriesischen Insel Borkum. Im Herbst 2011 wird er mit insgesamt 80 Anlagen komplett ans Netz gehen. Im August 2010 sollen sich die Rotoren von den ersten acht Anlagen drehen und Strom liefern. Der Durchmesser der Rotoren ist 112 Meter lang. Der Strom soll über die längste Hochspannungs-Gleichstromverbindung in der Nordsee ans Festland gebracht werden.

5. Umweltmessen 2010

Auf Umweltmessen informieren Aussteller über Neuheiten und Trends der Umweltbranche. Besucher können sich auf Umweltmessen in kurzer Zeit bei mehreren Unternehmen der Branche über Messeneuheiten informieren und sich zum Thema Umwelt beraten lassen.

Es folgen die wichtigsten Umweltmessen:

Genera
Fachmesse für erneuerbare
Energien und
Energieeffizienz
19.05.2010 - 21.05.2010
Madrid, Spanien



Messe Grünkauf (Regionalmesse)
Erlebnismesse für ökologische Produkte
und Dienstleistungen
11.09.2010 - 12.09.2010
Potsdam, Deutschland

Akut (Regionalmesse)
Deutsches Forum und Ausstellung für
Notfallmedizin und Rettung
27.08.2010 - 28.08.2010
Bremen, Deutschland

Umwelt (Regionalmesse)
Messe rund um Energie, Bauen und
Wohnen
11.09.2010 - 12.09.2010
Ratingen, Deutschland

Öko-Trends
Die Verbrauchermesse rund um
ökologische Themen
03.09.2010 - 05.09.2010
Gelnhausen, Deutschland

IFAT Entsorga
Weltleitmesse für Wasser, Abwasser,
Abfall und Rohstoffwirtschaft
13.09.2010 - 17.09.2010
München, Deutschland

PV Rome Mediterranean
Internationale Fachmesse für
Photovoltaik-Technologien für die
Mittelmeerregion
07.09.2010 - 10.09.2010
Rom, Italien

RWM Recycling & Waste Management
Exhibition
Ausstellung für Recycling- und
Abfallwirtschaft
14.09.2010 - 16.09.2010
Birmingham, Großbritannien

Energie- und Bauforum (Regionalmesse)
Messe für energiesparendes Bauen und
Wohnen
11.09.2010 - 12.09.2010
Penzberg, Deutschland

Qingdao Int'l Building Energy Saving Fair
Internationale Messe für
Energiesparendes Bauen & Nutzung
erneuerbarer Energie
17.07.2010 - 19.07.2010
Qingdao, China

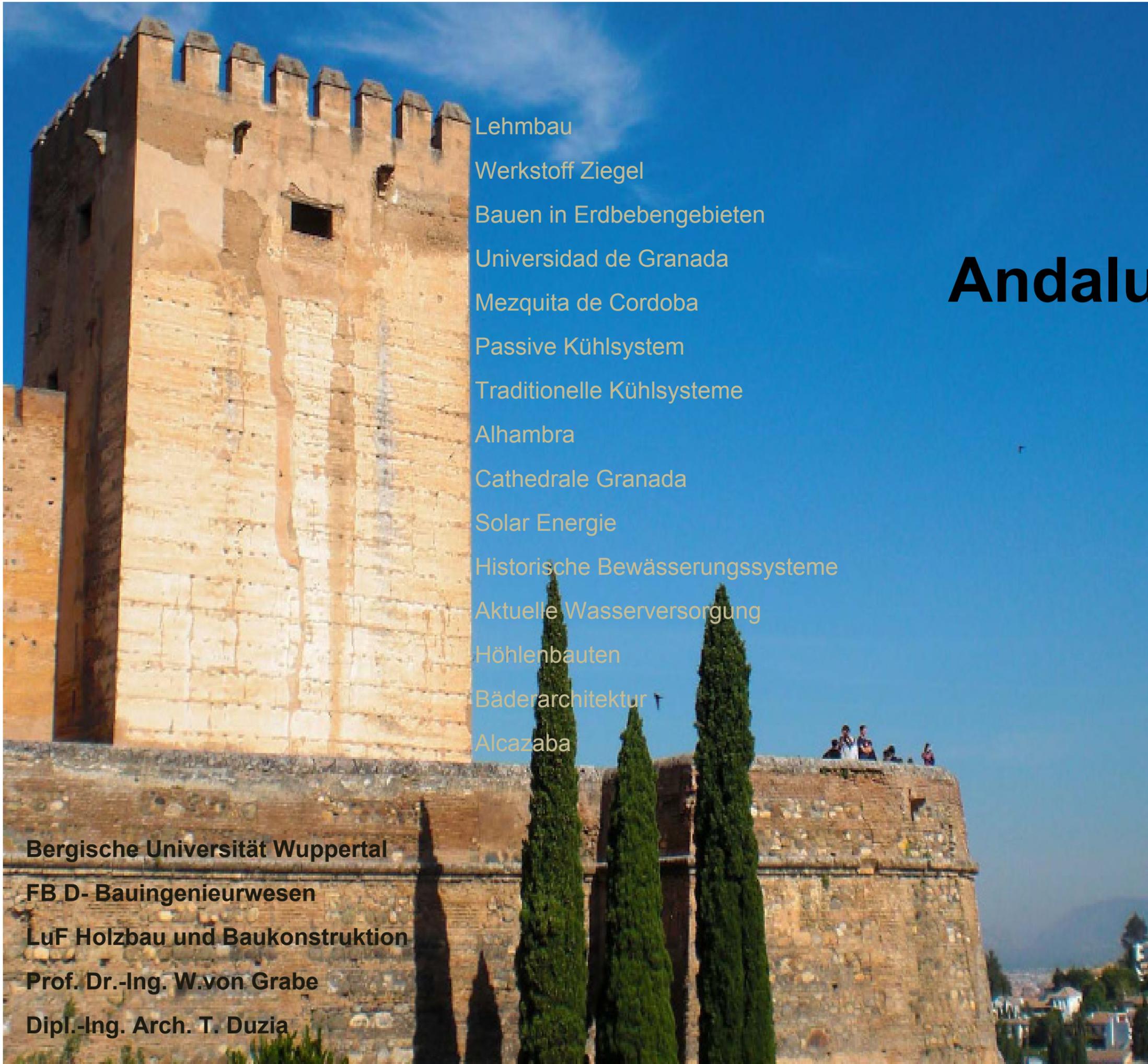
6. Quellenverzeichnis

Textquellen:

- <http://www.swp.de/gaildorf/lokales/gaildorf>
- http://www.solarmillennium.de/front_content.php?idart=155
- <http://www.windkraftkonstruktion.vogel.de/index.cfm?pid=8655&pk=261729&cmp=rss-bep>
- <http://www.thema-energie.de/energie-erzeugen/erneuerbare-energien/solarthermische-kraftwerke/projekte-weltweit/solarthermische-kraftwerke-in-spanien.html>
- www.umweltdatenbank.de/alternative-energien.htm -
- <http://www.unendlich-viel-energie.de/de/wirtschaft/potenziale.html>
- <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/40704>
- <http://www.alternative-energiequellen.com/>
- <http://www.energie-server.de/energieserver/>
- <http://www.geothermie.de/>

Bildquellen:

- Abbildung 1: Energieerzeugungsprozesse - <http://de.academic.ru/pictures/dewiki/69/Energieerzeugung.png>
- Abbildung 2: Vergleich einiger Kraftwerkstypen - <http://de.wikipedia.org/wiki/Kraftwerk>
- Abbildung 3: Solarschmelzofen in Odeillo - <http://www.rootsgeeks.fr/tag/ecologique/de/>
- Abbildung 4: Windkraftanlagen an der A92 Richtung Granada
- Abbildung 5: Onshore Anlagen in der Provinz Andalusien
- Abbildung 6: Das Prinzip der Geothermie - http://www.ubeg.de/geo_oberflaechennah.html
- Abbildung 7: Andasol in Guadix - http://www.rechargenews.com/business_area/finance/article183784.ece?print=true
- Abbildung 8: Solar Tres - http://peswiki.com/index.php/Directory:Enviro_Mission_Ltd._Solar_Tower
- Abbildung 9: Offshore Windkraftwerke in der Nordsee - <http://www.alpha-ventus.de/>



Lehmbau
Werkstoff Ziegel
Bauen in Erdbebengebieten
Universidad de Granada
Mezquita de Cordoba
Passive Kühlsystem
Traditionelle Kühlsysteme
Alhambra
Cathedrale Granada
Solar Energie
Historische Bewässerungssysteme
Aktuelle Wasserversorgung
Höhlenbauten
Bäderarchitektur
Alcazaba

Bergische Universität Wuppertal
FB D- Bauingenieurwesen
LuF Holzbau und Baukonstruktion
Prof. Dr.-Ing. W.von Grabe
Dipl.-Ing. Arch. T. Duzia



Andalusien 2010

