

Die Entwicklung von Badgirs – Bestandteil des traditionellen Lehmbaus

Es gibt ein große Anzahl von Wohngebieten weltweit, mit ein- bis zweigeschossigen Häusern aus Lehm, die sich horizontal in den meisten Städten und Dörfern ausgebreitet haben. Manche Wünsche und menschliche Bedürfnisse machten das Bauen in die Höhe notwendig. Baulandbegrenzungen und Bevölkerungsdichte führten zu mehrgeschossigen Gebäuden aus Lehm in einigen Teilen der Welt. Gleichfalls wurden auch Festungen und mehrgeschossige Burgen aus Lehm gebaut, sowie auch städtische Wahrzeichen wie Minarette, Moscheen und Kirchen.

Die aus Lehm gebauten Badgirs (Windtürme) sind ein Wahrzeichen iranischer Städte, wie auch der Stadt Yazd. Sie dienen dem Wohnkomfort durch ihre vertikale Belüftung. Obgleich die Badgirs in Yazd für die Ventilation in den Häusern sorgten, verloren sie langsam ihre Bedeutung mit dem Aufkommen neuer Belüftungs- und Kühltechniken und Geräten. Aber verschiedene Arten können auf Grund ihrer Leistungen noch immer genutzt werden. Die Restauration, der Wiederaufbau, neuer Gebrauch und Wiederbelebung der Badgirs hat in den vergangenen Jahren zu ihrem Erhalt geführt. Die Verwendung von Baustoffen, Anwendung neuer Technologien, Werkzeuge und Geräte führte zu einem verbesserten Wirkungsgrad und erhöhter Qualität.

Der Beitrag befasst sich mit Ergebnissen einer experimentellen Feldstudie von Badgirs. Theoretische und Grundlagenstudien wurden in Büchereien durchgeführt. Konstruktions- und Baustoffuntersuchungen erfolgten im Feld bei den Untersuchungen der Yazds Badgirs und Gesprächen mit erfahrenen Facharbeitern.

Die Badgirs in Yazd

Die Provinz und Stadt Yazd liegen im zentralen Teil des iranischen Hochplateaus. Yazd hat durch seine Lage am zentralen Gebirge und in großer Entfernung vom Kaspischen Meer und dem Persischen Golf ein eher trockenes und halbtrockenes Wüstenklima.

Die Stadt Yazd verfügt über eine große Anzahl von monumentalen Lehmbauten und Gebieten mit einem reichen historischen und kulturellen Erbe der Zivilisation während diverser Geschichtsperioden des Iran. In den meisten historischen Vierteln von Yazd sind traditionelle Lehmbauten zu finden, wie die Badgirs, die Ab-anbars (Wasserzisternen) und Qanats (Kanalisi-

onbauten), die immer noch benutzt werden. Aus den wichtigen architektonischen und urbanen Wahrzeichen von Yazd ragen eine große Anzahl noch vorhandener Badgirs, die alten Windfänger, heraus als signifikante Elemente der gebauten Umwelt (Abb. 1).

Ein Badgir, wörtlich "Windfänger", ist ein hohes Bauwerk, das über die Dächer der Häuser hinausragt um Frischluft einzufangen und hinab zu leiten bis ins Erdgeschoss. Es gibt noch andere Bezeichnungen für den Turm wie Wetter- oder Belüftungsschacht. Im Badgir wird die oben eingefangene warme Luft durch die Öffnung im Turm in die unterste Etage geleitet.

Neu gebaute Badgirs in Yazd

Badgirs wurden in vielerlei Gebäuden genutzt wegen ihrer hervorragenden Leistung. In den letzten Jahren wurden deshalb einige neue Windtürme in unterschiedlichen Formen errichtet. Dieser Beitrag wird einige der wiederaufgebauten oder neuen Badgirs in Yazd vorstellen, die in Häusern, Moscheen, Wasserzisternen oder kommerziellen Gebäuden errichtet wurden. Sechs solcher Windtürme in verschiedenen Gebäuden werden mit ihren neuen, verbesserten Bautechniken und Funktionen vorgestellt, die von den traditionellen Badgirs abweichen.

Badgir im Mahmoudi Haus

Der alte Windturm war völlig zerstört und wurde, als das Mahmoudi Haus saniert wurde neu aufgebaut. Auf Abb. 4 ist zu sehen, dass die Baumethoden und verwendeten Baustoffe die gleichen sind, wie für die traditionellen Badgirs, nämlich Lehmsteine und „Sharoune“ Holz zur Bewehrung.

Badgir im Rasoulia Haus

(Kunst und Architektur Fakultät der Universität in Yazd)

Nachdem das Haus jahrelang unbenutzt geblieben war und leer stand, vermachte es der Erbe des verstorbenen Rasoulia 1999 der Hochschule für Architektur. Nach seiner Restaurierung und Rehabilitation wurde das Haus im Januar 2000 zum universitären Gebäude umfunktioniert. Die Illustrationen zeigen, dass der Windturm für das Rasoulia Haus nicht hoch ist. Er ist verbunden mit einem unterhalb gelegenen geschlossenen Raum über dem Keller. Der Badgir saugt die heiße und oft belastete Außenluft an. Kühle und feuchte Luft kommt aus dem Untergeschoss (Abb. 2).

The development of badgirs – a traditional earthen structure

There is a wide range of residential areas in the world where earthen materials are used. The spread of these single or two-storey buildings has reached most of the towns and villages. Some applications and human requirements need high structures. Land restrictions and building densities lead to the construction of multi-storey buildings and earthen materials are used in these parts of the world. The defence issue has resulted in building defensive and large multi-storey castles. Earthen minarets have been created for the guidance of travellers and to indicate urban elements like temples and mosques, which were built with earth.

To provide comfortable conditions by providing a cool flow of air above ground level, earthen badgirs have been built in different regions using earthen materials and these have been identified as symbols for some towns, including the city of Yazd in Iran.

Although Yazd's badgirs had the task of ventilating buildings, air conditioning and new ventilation systems, especially evaporative coolers, have gradually eroded their importance, but they are still used in different forms due to their effectiveness.

The restoration, reconstruction, new uses and revival of badgirs in recent years have led to their conservation. The application of new materials, new technologies and new tools has brought improvement of their efficiency and quality.

This paper describes research originating from a field study on badgirs. Theoretical and basic study was based on information gained from libraries. Structural and material research was prepared by investigating Yazd's badgirs and interviewing experienced workmen.

The badgirs of Yazd

The province and the city of Yazd are located on the central part of the Iranian Plateau. Being located beside the Central Mountains and far from the Caspian Sea and the Persian Gulf, Yazd has a climate, which mostly resembles dry and semi-dry desert climates.

Historically Yazd, with its large number of earthen monuments and sites, possesses a rich heritage of ancient culture and civiliza-

tion acquired during various historical periods of Iran's history. Most historic areas of Yazd contain various traditional earthen structures such as the badgirs, ab-anbars (water cisterns) and qanats, many of which are still in use. Among the important architectural and urban features of Yazd there have also been a large number of the badgirs (traditional wind catchers or wind towers), which have been among the most significant features of its built environment for centuries (Fig. 1).

The badgir, literally the 'wind-catcher' is a high structure, extending above the roofs of the surrounding buildings, that catch the passing fresh air and channel it down to the ground floors and basements. Weathering shaft, ventilation shaft and wind tower are other names used for the badgir. The badgir captures the hot air at the top of the structure and passes it through a simple shaft. When the air reaches the bottom of the shaft is delivered to the ground floor or basement.

Newly constructed badgirs in Yazd

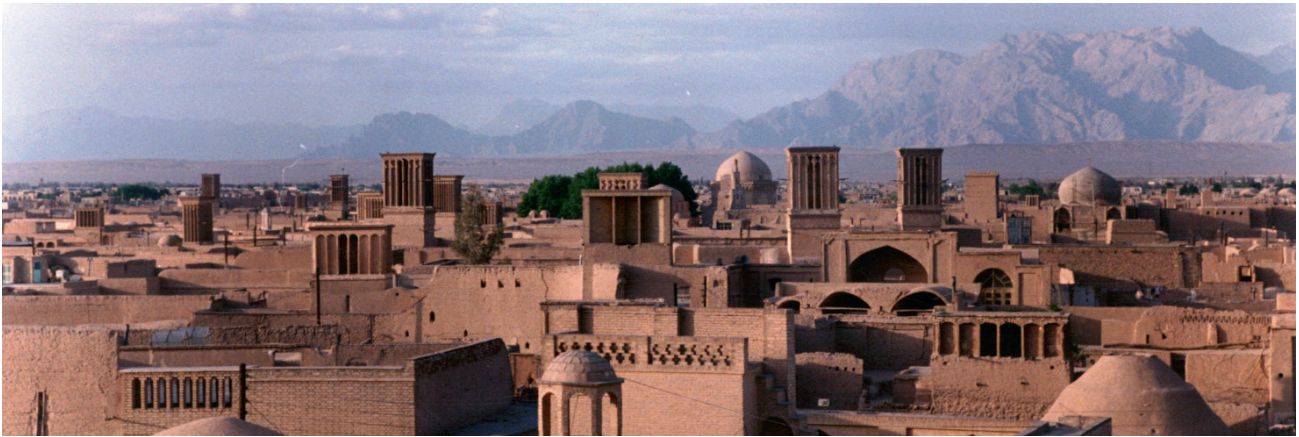
Badgirs have been used in various buildings because of their exceptional performance, and in recent years some new ones have been constructed in different forms.

This paper will introduce some of the newly restored and reconstructed Badgirs in Yazd, which belong to different types of building such as houses, mosques, water cisterns and commercial buildings.

In this part of the paper six badgirs from different buildings will be described, the construction methods and functions of which differ from traditional ones and in some cases even improve on them.

Badgir of Mahmoudi House

The original badgir was completely destroyed and while the house was being restored a new one was built. As the pictures show, the construction method and materials are the same as for the traditional badgirs and the use of earthen material incorporating Shoroune wood have made it stable..



Das Ergebnis der klimatischen Analysen heutiger Nutzung von Badgirs zeigt, dass die Anforderungen an komfortabler Kühlung nicht ganz erfüllt werden. Die Tatsache, dass Badgirs kühle Kellerluft ansaugen und im Gebäude zirkulieren können macht jedoch das Vorhaben die Windtürme wieder zu verwenden sinnvoll und logisch (Abb. 3).

Badgir im Shokouhi Hause (Cultural Heritage Research Center) in Yazd

Wie vom Zustand des Windturms vor und nach der Sanierung in Abbildung 5 zu sehen ist, wurden dem Badgir einige Verzierungen hinzugefügt. Ein Belüftungsschacht wurde außerdem für das Verlegen von elektrischen und Wasserleitungen genutzt. Das beweist jedoch die Unkenntnis der eigentlichen Funktion des Windturms. Als Baustoffe für den Badgir wurden Lehmsteine, Ziegel und Holz (Sharoune) verwendet und Stuck für die Verzierungen.

Badgir im Rasoulia Timche

Der alte Windturm hatte schon lange mitten in der Umgebung von Hochhäusern seine eigentliche Funktion zur Kühlung und Wirkung als urbanes Wahrzeichen verloren. Von den Restaurierungsgutachtern wurde daher beschlossen, ihn abzutragen und vollkommen neu wiederaufzubauen zum Erhalt seiner alten Funktion und Bedeutung. Als Wandbaustoff wurden Tonziegel verwendet, die auf einem Fundament aus Stahlträgern ver-

mauert wurden. Der Turm wurde verputzt mit Kalksand und mit Stuck verziert.

Der Badgir der Zarch jame Moschee

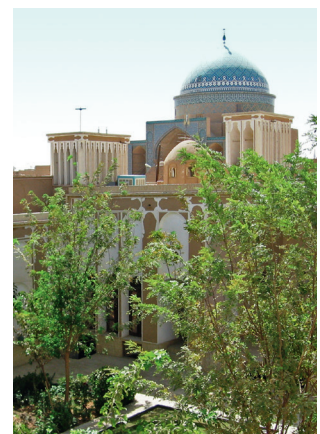
Auch dieser Windturm war durch Verwahrlosung verfallen und wurde wieder aufgebaut. Der neue Badgir ist höher und erzielt dadurch eine bessere Belüftung. Er ist wieder zum städtischen Wahrzeichen geworden. Der Turm ist 13 m hoch und aus Tonziegeln und Sharoune Holz gebaut, mit einem witterungsbeständigen Lehmmaußenputz (simgel) verputzt und mit Stuck verziert.

Badgir der Shamsi Zisterne

Nach der Untersuchung der verbliebenen Teile dieses Windturms wurden die Zerstörungen beseitigt und der Badgir zum früheren Zustand restauriert. Die Zisterne ist ein lokales Symbol und zugleich ein Vermächtnis. Als Baustoffe für die Sanierung wurden Lehm- und Tonsteine, sowie Lehmputz verwendet.

Neue Badgirs

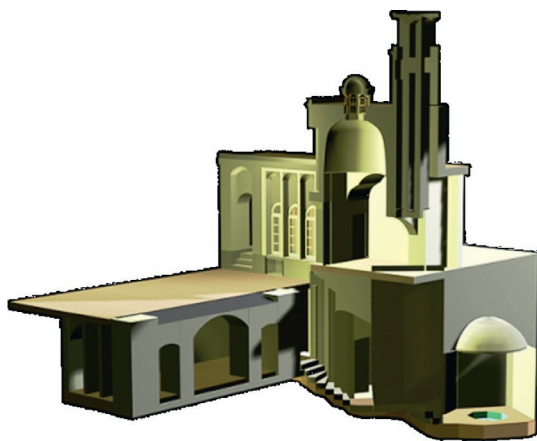
Hier werden einige der neueren Windtürme vorgestellt, die nicht ganz aus Lehm gebaut wurden. In diesen Badgirs wird Verdunstungswasser in den Schächten zum Kühlen der Luftströmung verwendet, was die Nutzung von Lehm zum Bauen einschränkt. Es wurden gebrannte Ziegelsteine, Zement und Stahl verwendet.



- 1 (oben) Silhouette einer Stadt aus Lehm dominiert von Kuppeln und Badgirs (www.iranreview.org)
1 (top) Skyline of the city made of clay and mud brick, which has long been dominated by domes and badgirs

- 4 (links) Baumethoden des Windturms im Mahmoudi Haus („Der Windturm-bauer“, Rüdiger Lorenz)
4 (left) Construction procedure of the Mahmoudi House badgir (Rüdiger Lorenz)

- 5 (rechts) Badgirs im Shokouhi Haus nach der Sanierung (Khajehrezaei, 2009)
5 (right) Badgirs of Shokouhi House after restoration (Khajehrezaei, 2009)



Badgir of Shokouhi House

(Yazd Cultural Heritage Research Center)

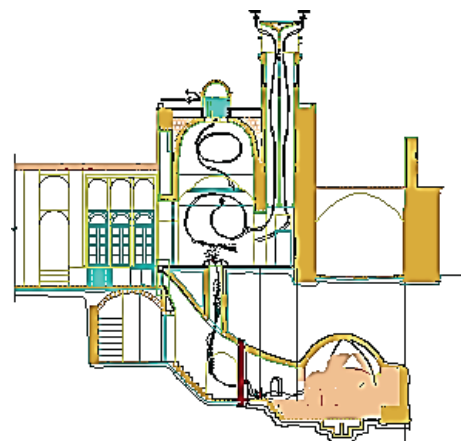
As the before-and-after pictures of the restoration indicate, some decoration was added to this badgir, and the internal air canal was chosen as the place for the electrical cooler canals and water pipes to cross. This approach shows the uncertainty of the restoration plan with regard to the badgir's natural function. The building materials used in this badgir were earthen materials, brick, Shoroune wood and also stucco plaster used for decorating.

Badgir of Rasoulia Timche

This badgir had lost its ventilation function and role as an urban symbol due to new and higher structures built around it. The proposal of the restoration consultants was to completely demolish and rebuild it, in order to regain both the ventilation function and its role as an urban symbol. The materials used for it are clay, brick, stucco, clay plaster and steel in the base.

Badgir of Zarch Jame Mosque

This badgir, which was destroyed through neglect, has been rebuilt. The new design of the badgir is higher than previous one and is more effective both for ventilation and as an urban symbol. It is 13 meters high and the materials used are brick, clay, Shoroune wood, stucco and a final coating of simgel.



Badgir of Shamsi Cistern

The damaged parts of this building have been restored according to research and the evidence of remaining parts, and the badgirs were restored according to existing records. This cistern has its place as a local symbol and a legacy. The materials used were brick, clay, and a final coating of simgel plaster.

New models of earthen badgirs

In this part of the paper a few new badgirs are presented, which have been constructed with new materials. In all these examples the use of cooling water evaporation is required. Due to water flowing into some internal parts of the badgir, it wasn't possible to use earthen materials, so brick, cement, and steel were used. The forms of these new badgirs are similar to traditional ones.

Badgir of Yazd University Mosque

Lower temperatures have been achieved due to evaporation of the cooling water and the badgir is also used as the symbol and as a minaret for the mosque. Two of the three openings have cotton curtains and straw (like the straw used in the water cooler). By wetting these, the air temperature is reduced. Airflow passes through the third opening, as with traditional badgirs, and enters the space without evaporative cooling. Experiments compared these two new models, and demonstrated the superiority of using evaporative cooling.



2 & 3 (oben) Isometrischer Darstellung und Schnitt durch das Haus mit Ansaug- und Zirkulationseffekt

2 & 3 (top) Section showing the air circulation and the suction effect of the badgir (Ayatollahi, 2007)

6 (links) Der Rasoulia Timche Badgir vor und nach dem Wiederaufbau (Khajehrezaei, 2009)

6 (left) Rasoulia Timche's badgir before reconstruction and the construction procedure

7 (rechts) Der Rasoulia Timche Windturm beim Wiederaufbau (Khajehrezaei, 2009)

7 (right) Rasoulia's Timche badgir construction procedure



Badgir der Univsität Moschee in Yazd

Durch die Kühlung und erreichten niedrigen Temperaturen wird dieser Windturm als Minarett benutzt. Zwei der drei Schächte sind mit feuchten Baumwollvorhängen und Strohfiltren versehen (so wie Stroh in Wasserkühlern verwendet wird). Die Luft wird dadurch abgekühlt. Der dritte Schacht sorgt wie in traditionellen Badgirs ohne Wasser für eine vertikale Durchlüftung. Die Erfahrung mit diesem System zeigt, dass die neuen Windturmwürfe den alten überlegen sind.

Badgir des Asr-e-Enghelab Forschungszentrums

Auch bei diesem neuen Windturm wurde ein Schacht in der alten Weise gebaut und ohne Wasser zur Belüftung verwendet, während die zwei anderen Schächte mit Verdunstungswasser arbeiten, was sich als sehr effektiv bewiesen hat.

Badgir im Farahza Haus

Das Haus von Farazah wurde wie ein historisches Wohnhaus gebaut, in dem die Kühlung durch Wasserverdunstung für das Untergeschoss mit Badebecken und durch den Windturm erfolgt. Durch den natürlichen Luftstrom über die feuchten Ziegelsteine verringert sich die Temperatur, und die kühle Luft wird von unten durch das Untergeschoss mit dem Houzkhaneh und dann durch das Haus geleitet.

12 Badgir und Houzkhaneh im Farahza Haus

12 Badgir and houzkhaneh of Farahza House (Farahza, personal archive)



8 (oben) Badgir der Zarch jame Moschee

8 (top) Badgir of Zarch Jame Mosque (Dehghani ashkezari, personal archive)



Schlussfolgerung

Badgirs, die Windfänger, sind hohe, aus Lehm gebaute Türme für die Belüftung von Häusern. Sie sind außerdem ein Wahrzeichen der Stadt Yazd. Diese Stadt ist bekannt als „Stadt der Badgirs“. Mit dem Aufkommen neuer Ventilationstechniken haben die Windtürme an Bedeutung verloren. Es gibt aber nach wie vor viele Badgirs in der Yazd Region. Trotz aller Schwierigkeiten sie zu erhalten, konnten viele von ihnen in den vergangenen Jahren in ihrer alten Form saniert werden.

Die Windtürme sind wegen ihrer besonderen Leistung beliebt und werden in verschiedenen Formen auch heutzutage benutzt. Die Qualität und Effektivität neuer Badgirs wird durch den Gebrauch neuer Techniken und Baustoffen erhöht.

Der Rückblick beweist, dass auch Lehm und die traditionellen Bauweisen für die Sanierung und den Wiederaufbau von den „Windfängern“ verwendet werden.

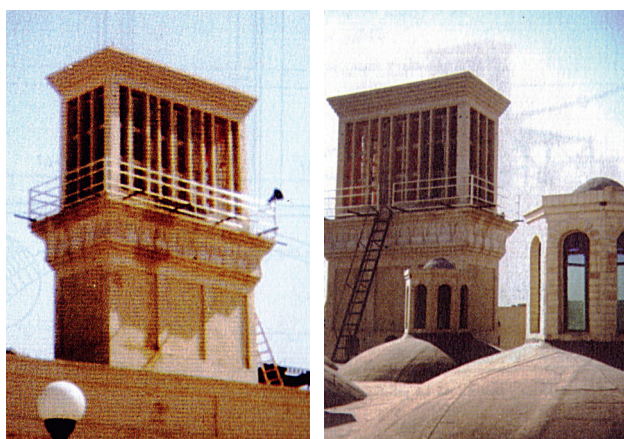
Referenzen

Siehe englischsprachigen Text.



9 (oben) Badgir der Shams Zisterne

9 (top) Badgir of Shamsi Cistern (Dehghani ashkezari, personal archive)



Badgir of Asr-e Enghelab Research Centre

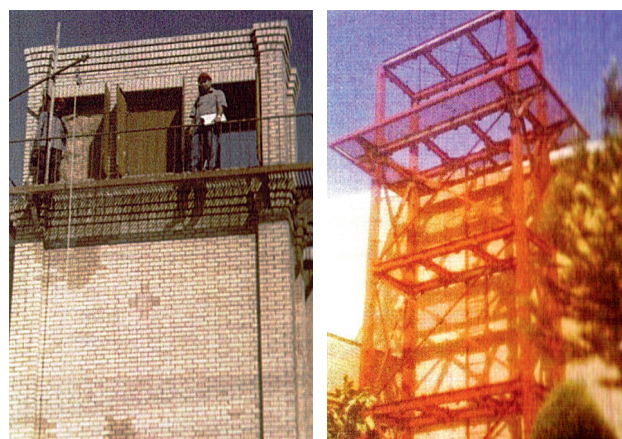
One of three openings in this badgir, as with Yazd University's mosque, is used the traditional way without evaporative cooling. The two other openings are kept wet and at last the effectiveness of the new methods has been recognised.

Badgir of Farahza House

The design of this house was modelled on historic houses, in which evaporative cooling was used for the houzkhaneh and the badgir. Natural airflow hits wet perforated bricks causing the temperature to drop. It is thereby transferred from the lower level into the house. Transfer of the air to the houzkhaneh and lowest level of house cools the basement.

Conclusion

Badgirs, as tall earthen structures, have the function of ventilating buildings as well as being urban symbols, so Yazd is known as a city of badgirs. In the face of the new technological ventilation equipment, badgirs have lost their importance. Despite all the difficulties of conserving and maintaining them, there are still many badgirs in the region of Yazd, and a considerable number of earthen badgirs have also been restored in recent years, in accordance with their traditional form. Badgirs are still respected for their special functionality and are being used in



different shapes. The use of technologies, materials and new methods has led to an improvement in quality and even in effectiveness. This review shows that the form of traditional badgirs is still being followed and their earthen materials are used in the restoration and reconstruction of these earthen icons.

References

- Abouei, Reza, 2006, Conservation of Badgirs and Qanats in Yazd, Central Iran, PLEA2006; The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006.
- Ayatollahi, Mohammad Hossein, Preserving the traditional "Wind Catchers" to preserve the urban identity, World Congress on Housing Science, Melbourne, Australia 2007
- Bahadori Nejad, Mahdi, 2008, Wind tower, a masterpiece of Iranian engineering, Yazda publisher, Tehran.
- Bahadori, M. N., 1985, An Improved Design of Wind Towers for Natural Ventilation and Passive Cooling, Solar Energy, vol. 35, no. 2.
- Farahza, N and Khajehrezaei, I, 2011, BADGIR, EARTHEN RESISTANCE STRUCTURE, Proceedings of the TerrAsia 2011 conference, Mokpo, South Korea, 11-14 October 2011.
- Khajehrezaei, I, 2009, Documentation of restored badgirs in the city of Yazd, Yazd University, Yazd.
- Farahza, Nariman, personal archive of pictures.
- Dehghani Ashkezari, Mohammad, personal archive of pictures.



10 (oben) Neuer Windturm der Universitätsmoschee in Yazd
10 (top) Badgir of Yazd University Mosque (Bahadorinejad, 2008)

11 (oben) Der Windturm des Asr-e-Enghelab Forschungszentrums im Bau
11 (top) Badgir of the Asr-e Enghelab Research Centre (Bahadorinejad, 2008)