

Wandelbare Dächer

Bodo Rasch

Die Methode, mit Hilfe beweglicher Schattendächer das Klima von Gebäuden, Höfen und Straßenräumen zu regulieren, wird in südlichen Ländern von alters her angewandt. Der Kühleffekt wird erzielt, indem am Tage Schattendächer aufgespannt werden, um Gebäudeoberflächen vor direkt eingestrahelter Sonnenenergie zu schützen. In der Nacht werden diese Dächer weggefahren, damit die konvektiv erwärmten Gebäudeteile ungehindert Wärmestrahlung an den kalten Nachthimmel hinaus abgeben können.

Der entscheidende Effekt solcher Anlagen besteht nun darin, daß während der Nacht mehr Energie abgestrahlt werden kann, als am Tage einfällt. Die Energiedynamik, die sich zwischen allen beteiligten Oberflächen einstellt, führt schon nach wenigen Tagen dazu, daß die verschatteten Flächen deutlich kühler sind als ihre Umgebung. Da meist große Bau- und Erdmassen an diesen Energieflüssen beteiligt sind, finden diese ihr Gleichgewicht oft erst nachdem ein Dach für mehrere Wochen betrieben wurde.

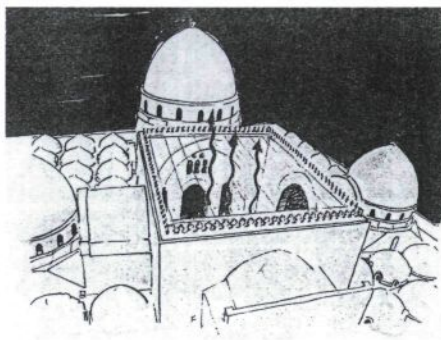
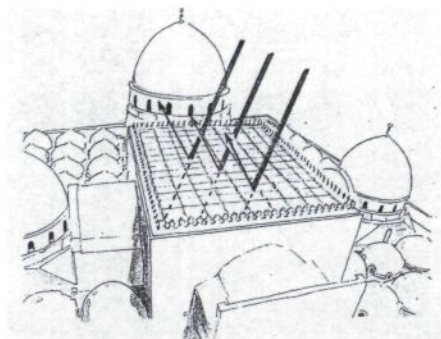
Mit Hilfe wandelbarer Schattendachkonstruktionen ist es also möglich, die Innentemperatur von Gebäuden im Vergleich zu umgebenden Lufttemperaturen wesentlich zu reduzieren. Solche Konstruktionen sind deshalb fester Bestandteil vieler Baukulturen in südlichen Breiten.

Das wohl bekannteste Beispiel traditioneller wandelbarer Schattendächer sind die heute noch in Spanien verwendeten „Toldos“. Die Straßenzüge ganzer Stadtteile werden dort mit Hilfe rechteckiger, an parallelen Seilscharen beweglich gelagerter Baumwollsegel überspannt. Einfache Seilzugmechanismen, wie sie auch in der Seefahrt Einsatz fanden, erlauben es, diese teilweise recht großen Tuchflächen von den Dä-

chern der Häuser oder direkt von der Straße aus, in sehr kurzer Zeit und ohne großen Aufwand morgens auszufahren und abends zu raffen.

„Moderne“ Klimatechnologie, d.h. Kühltechnik mittels Einsatz enormer Mengen fossiler Brennstoffe für Gebäude eines gleichmachenden internationalen Stils, ohne Rücksicht auf lokale Begebenheiten und Ressourcen, lassen diese seit alters her bewährte Konstruktion immer mehr in Vergessenheit geraten. Verantwortungslöse Bequemlichkeit scheint keine Verwendung zu haben für Konstruktionen, die von Hand bewegt werden, und für Baumwollsegelkonstruktionen, die in bestimmten Intervallen erneuert werden müssen, da sie vom Sonnenlicht zerstört werden. Dabei bieten heute Technologien alle Möglichkeiten, wandelbare Schattendächer zu bauen, die automatisch gesteuert werden können und bei minimalem Wartungsaufwand eine hohe Lebensdauer besitzen. Insbesondere textile Konstruktionen aus UV beständigen, leicht faltbaren und hochreißfesten Materialien bieten dafür alle Voraussetzungen.

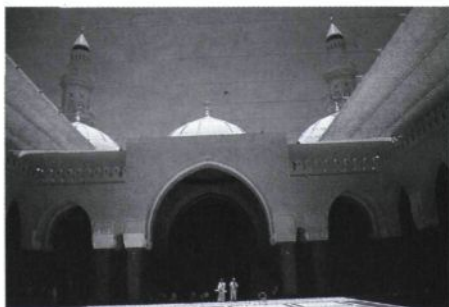
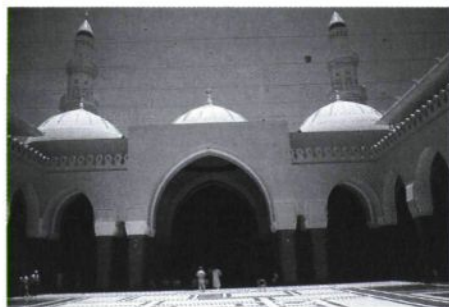
Frei Otto entdeckte und entwickelte die Formenwelt dieser neuen Generation von Leichtbauten, bestehend aus doppelt-gekrümmten, spannungsgleichen Membranflächen, die von rein zug- oder druckbeanspruchten Rand- und Stützgliedern unter definierter Vorspannung in Form gehalten werden. Die Leichtigkeit dieser Konstruktionen, d.h. der geringe Aufwand an Material und Masse, mit der auf diese Weise große Flächen überdacht werden können, bieten die Voraussetzung für wandelbare Schattendächer. Hochentwickelte, effiziente elektromechanische, oder hydraulische Antriebe in Verbindung mit digitaler Steuertechnik, schaffen die technische Möglichkeit der

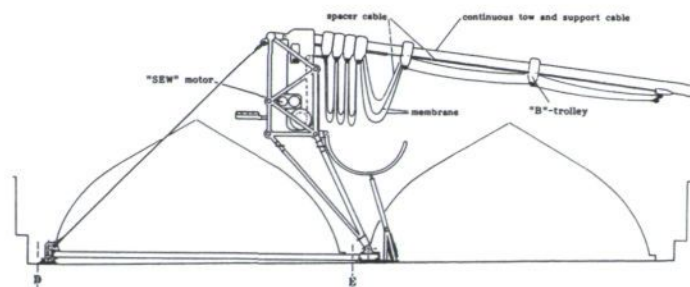


Wandelbarkeit und eines weitgehend automatisierten Betriebes solcher Anlagen.

1986 erhielten das Büro Rasch and Associates den Auftrag für das Dach der großen Moschee in Mekkah, welches ca. 120.000 Pilgern Platz bietet, ein Schattendach zu entwerfen. An keiner Stelle der darunterliegenden Konstruktion war es möglich, große zusätzliche Punktlasten abzutragen, obendrein war die Tragkapazität der vorhandenen Deckenkonstruktion mit den vorhandenen Nutzlasten nahezu erschöpft.

Diese Vorgaben führten zu der Entwicklung einer kleinteiligen, extrem leichten, wandelbaren Schattendachkonstruktion, bestehend aus einer Vielzahl von 5m x 5m großen Schirmen. Bei Sonnenaufgang werden die Schirme aufgespannt, um des Tags die Pilger





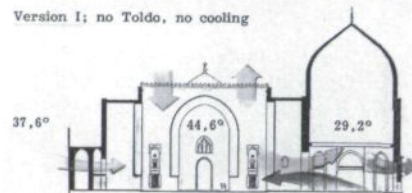
Ohne Schattendach und Kühlung erwärmt sich die Moschee auf 33°, der Hof auf 45° (Abb. oben). Mit einer Klimaanlage kühlt sich der Innenraum auf 29° (mitte). Ein Schattendach verstärkt diesen Effekt und kühlt den Innenhof auf 30° (unten).

AVERAGED MAXIMUM TEMPERATURES OF JULY
arrows indicating cold and warm airflow

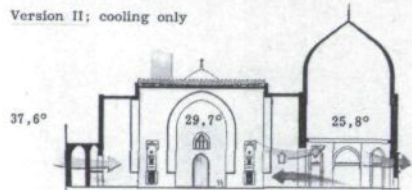
King Saud Mosque,
section east-west



Version I; no Toldo, no cooling



Version II; cooling only



Version III; Toldo installed + cooling

und die Dachflächen vor direkter Sonneneinstrahlung zu schützen. Bei Sonnenuntergang werden die Schirme geschlossen, wodurch Wärme ungehindert zum Nachthimmel abstrahlen kann, was auch eine Absenkung der Temperaturen im Gebäude zur Folge hat.

Ein weiteres Beispiel für ein wandelbares Schattendach zeigt die Überdachung des Innenhofes der Quba Moschee in Madinah/Saudi Arabien. Aus einer Reihe unterschiedlicher Vorschläge entschied sich der Bauherr für den Vorschlag eines parallelgerafften Daches, dessen Typus dem spanischen Toldo verwandt ist.

Mittels speziell konstruierter Seilwagen ist die Membrane, die als doppelgiges, aluminiumrohrgestütztes Schattennetz ausgebildet ist, von parallelen Seilscharen abgehängt. Der etwa 40 m

breite Hof wird von der Konstruktion frei überspannt. Zur Aufnahme der Stahlseile und der Fahrmechanik wurden über den seitlichen Gebäudeteilen zwei Gitterrohrträger installiert. Diese Träger sind pendelnd gelagert, Ausgleichsgewichte sorgen für die nötige Vorspannung, damit keine dynamischen Lasten auf den darunterliegenden Mauerwerksbau abgegeben werden. An diesen Trägern wird die Membrane, vom Hof aus nicht einsehbar, geparkt. D. h. der Ausblick in den klaren Nachthimmel wird bei eingefahrenem Dach nicht beeinträchtigt. Die Anlage wird automatisch gesteuert. Dämmerungsschalter veranlassen das morgendliche und abendliche Aus- und Einfahren des Daches. Eine Windwächteranlage, die in die Steuerung integriert ist, veranlaßt das Einfahren der Membrane ab Wind-

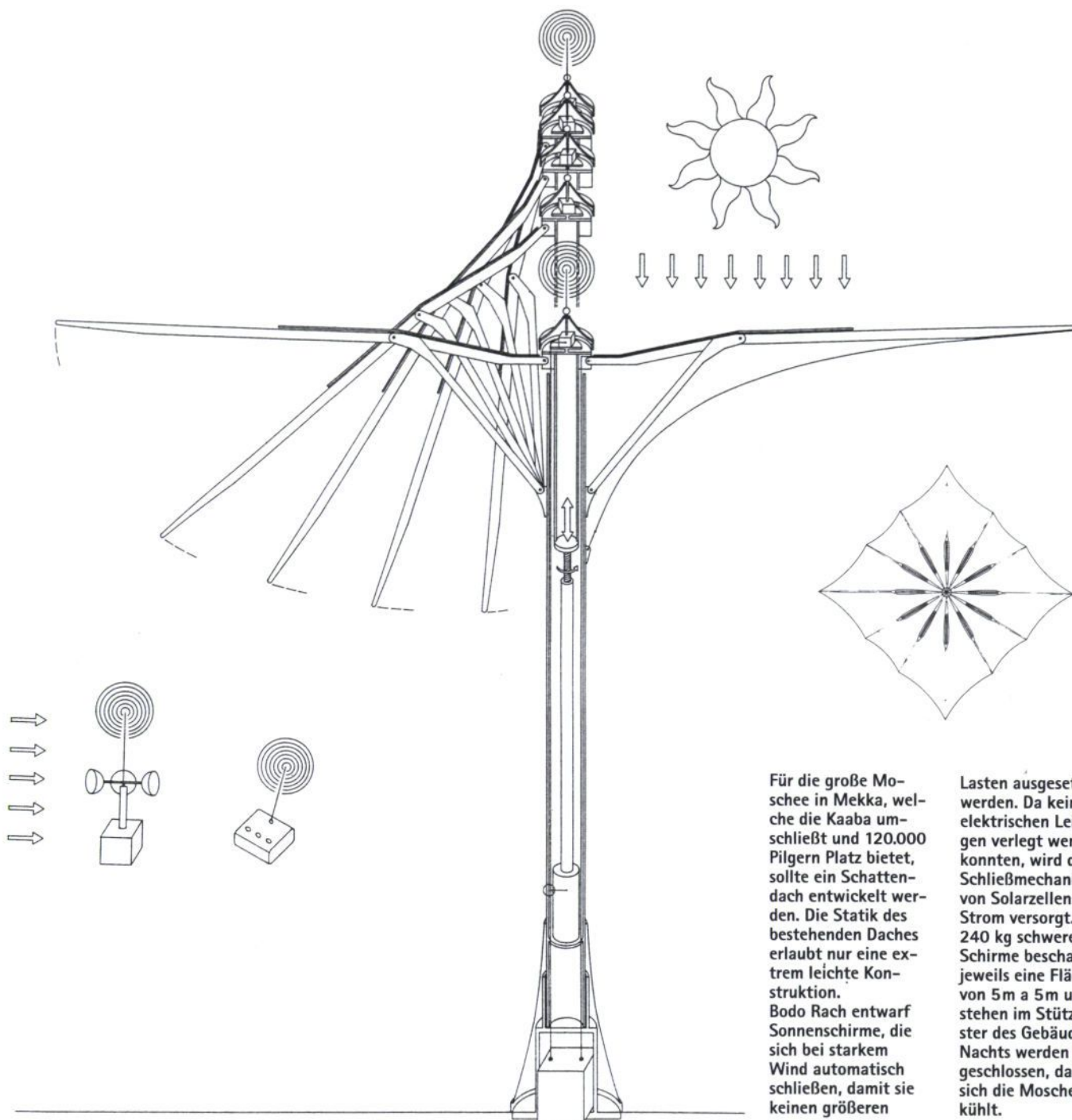
geschwindigkeiten von 20m/sec.

Seit 1987 ist dieses horizontal raffbare Schattendach in Betrieb und hat sich sehr bewährt. In den Sommermonaten lassen sich dank konsequenten Betriebes der Anlage die Temperaturen im ganzen Gebäude deutlich senken. Wir waren nicht wenig erstaunt, als wir erfuhren, daß die Benutzer im relativ kühlen Wüstenwetter das Prinzip umkehren. Das Dach bleibt tagsüber geöffnet, die Sonne erwärmt das Gebäudeinnere, nachts wird das Dach geschlossen, um das Auskühlen des Gebäudes zu verhindern. Ein Schattendach wurde also zum Heizen des Gebäudes benutzt.

Dies zeigt, daß es möglich ist, mit Hilfe intelligent eingesetzter wandelbarer Dachkonstruktionen das Klima von Gebäuden auf recht natürliche Weise regeln zu können.



Tagsüber wird das Schattendach der Quba Moschee in Medina (Saudi Arabien) geschlossen und hält die Sonnenstrahlung ab. Nachts wird es geöffnet, sodaß das Gebäude überschüssige Wärme an den Nachthimmel abgeben kann.



Für die große Moschee in Mekka, welche die Kaaba umschließt und 120.000 Pilgern Platz bietet, sollte ein Schattendach entwickelt werden. Die Statik des bestehenden Daches erlaubt nur eine extrem leichte Konstruktion. Bodo Rach entwarf Sonnenschirme, die sich bei starkem Wind automatisch schließen, damit sie keinen größeren

Lasten ausgesetzt werden. Da keine elektrischen Leitungen verlegt werden konnten, wird der Schließmechanismus von Solarzellen mit Strom versorgt. Die 240 kg schweren Schirme beschatten jeweils eine Fläche von 5 m a 5 m und stehen im Stützenraster des Gebäudes. Nachts werden sie geschlossen, damit sich die Moschee abkühlt.

