

Diss. ETH Nr.: 12396

Titel der Dissertation:

"Schweizer Pisébauten"

Abhandlung zur Erlangung des Titels
Doktor der Technischen Wissenschaften

der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich



CatE

vorgelegt von
Thomas Kleespies
Dipl. Ing. arch. / TU Darmstadt
geboren am 21.06.1957 in Frankfurt am Main
Deutscher Staatsangehöriger

Angenommen auf Antrag von:
Prof. Dr. Georg Mörsch, Referent
Prof. Dr. Hans Hugli, Korreferent

Zürich, im Mai 1997

B Kurzfassungen

B 1.1 Kurzfassung in deutscher Sprache:

"Pisé" bezeichnet eine Bauweise, bei der zur Herstellung der Wände lokal vorhandenes Erdmaterial, mit einem Tongehalt von 5-10%, zwischen Schalungen eingestampft wird.

Die ethymologische Herleitung des Wortes "Pisé" lässt auf eine spanische Herkunft ("pisar", span.: stampfen) schliessen. Nach Spanien gelangte sie wahrscheinlich durch die Sarazenen und von dort weiter nach Frankreich. Demnach sind ihre Ursprünge in Arabien zu suchen. Andere Hinweise deuten auf die Römer als erste Pisébauer. Sie gelten als die Erfinder des "opus caementitium", des römischen Betons. Die ersten Betonwände der Römer waren mit Kalk als zusätzlichem Bindemittel verfestigte Piséwände, die als sogenannter Roman-Kalk, Kalk-Beton, Naturzement oder natürlicher Zement, eine Weiterentwicklung der Pisébauweise darstellen.

Entsprechende Materialvorkommen waren eine wichtige Voraussetzung zur Anwendung der Pisébauweise. Pisébauten entstanden nur an Orten, an denen das zum Bauen benötigte, tonhaltige Erdmaterial vorhanden war. Dieses Erdmaterial musste ein Gemisch von Kies, Sand, Silt und Ton sein. Die Moränenböden der Schweiz erfüllten diese Bedingung in idealer Weise.

Der Wunsch nach gesellschaftlicher Veränderung war eine weitere Voraussetzung - die Bereitschaft zu Reformen und der damit verbundene Mut Neues auszuprobieren.

Die Geschichte der Schweizer Pisébauten geht zurück auf die französischen Vorbilder in der Umgebung von Lyon. Sie verbreiteten sich über den Handel mit Leinwand. Flachs und Hanf wurden seit dem frühen Mittelalter im südlichen Bodenseeraum angebaut, zu Leinwand verarbeitet und von dort über Lyon nach Marseille, über das Mittelmeer bis in den Nahen Osten vertrieben. Die Baujahre der Schweizer Pisébauten lassen sich in drei Zeiträume eingrenzen: Die erste Phase zur zweiten Hälfte des 17. Jh., zwischen 1661-1671, mit Pisébauten in Hauptwil TG und im Raum Genf. Ihr Bau steht in direktem Zusammenhang mit dem Beginn des "freien Unternehmertums". Die zweite Phase, zwischen 1820-1865, geht von dem Wunsch aus, die Gesellschaft und ihre Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel das Schulwesen zu reformieren und die hygienischen Zustände in den immer noch mittelalterlich geprägten Dörfern zu verbessern. Die Pisé-Bauweise fand jetzt Anwendung mit finanzieller Unterstützung der verschiedenen kantonalen gemeinnützigen Gesellschaften, die sich in vielen Fragen des Gemeinwohls engagierten und aufgrund von Reformen, wie zum Beispiel der Reform des Schulwesens im Thurgau im Jahre 1831. In der dritten Phase, zwischen 1918 und 1942, sind es bereits Aspekte der Bauphysik und der Energieeinsparung, die zur wissenschaftlichen Beschäftigung mit der Pisébauweise Anlass geben. Das Ende der Pisébauweise hat mit der gewaltigen Steigerung der Kohleförderung in der ersten Hälfte des 20. Jh. zu tun. Hinzu kommt der Ausbau eines leistungsfähigen Schienen- und Strassennetzes im gleichen Zeitraum. Neben dem Ziegel

konnten damit auch noch andere Baustoffe in immer grösseren Mengen hergestellt und transportiert werden. Die Industrialisierung, die in ihren Anfängen die Pisébauweise in die Schweiz gebracht hatte, sorgte nach und nach auch wieder für ihr Verschwinden.

Aus architektonischer Sicht ist festzustellen, dass Pisébauten in ihrer Geschichte keine eigene Architektursprache entwickelt, sondern sich in ihrem äusseren Erscheinungsbild zu jeder Zeit in die jeweils herrschende Vorstellung von Ästhetik eingeordnet haben. Ihre Geschichte stellt sich als ein Streifzug durch die Schweizer Architekturgeschichte dar. In der Regel sind es einfache, mehrgeschossige Baukörper unter einem stützenfreien Kehl balkendach.

Zum Gelingen eines Pisébaus war die Bauleitung eines erfahrenen Fachmanns die wichtigste Voraussetzung, alle anderen Beteiligten durften ungelernete Hilfskräfte sein. Die Stampfarbeiten mussten zwischen Mai und September ausgeführt werden. Bei Regen durfte nicht gearbeitet werden. Der grösste Vorteil der Pisébauweise waren ihre unschlagbar niedrigen Kosten. Bei der Überlegung die Pisébauweise anzuwenden oder nicht, war dieser Aspekt dann meistens auch das entscheidende Argument. Es kann davon ausgegangen werden, dass Kosteneinsparungen für die Mauern des Gebäudes bis zu 70% möglich waren, zumindest dann, wenn die relativ teureren Gerätschaften, vor allem die Schalung, mehrmals verwendet werden konnten. Ein weiterer Vorteil besteht in ihrer äusserst niedrigen Energie- und Schadstoffbilanz: Im Unterschied zu herkömmlichen Bauweisen, aber auch zu anderen traditionellen Lehmbautechniken, konnte das lokal vorhandene Material ohne eine weitere Aufbereitung verbaut werden. Die Trocknung erfolgte im fertiggestellten Bauteil, eine Belastung war schon nach zwei Tagen möglich. In 1 m² Piséwand stecken nur ca. 50 MJ, Schadstoffe entstanden weder bei der Herstellung noch bei der Entsorgung.

Es gab auch Ansätze die Pisébauweise weiterzuentwickeln. Ein Hauptproblem bei der Ausführung der Wände war das relativ aufwendige Schalungssystem. Es musste während des Stampfvorgangs häufig kontrolliert und nachgelotet werden, es gab Probleme in der Mass- und Winkelgenauigkeit der verwendeten Schalungen, und die Anordnung und Realisierung von Fenster- und Türöffnungen bereiteten den Ausführenden des öfteren Schwierigkeiten. Die Bauzeit war auf die wenigen Sommermonate im Jahr beschränkt, und selbst dann wurde der Fortgang der Arbeiten oft noch durch Regentage behindert. Eine Weiterentwicklung war die Herstellung gestampfter Piséquader, der sogenannte "nouveau Pisé". Ihre Herstellung konnte unabhängig von der Witterung "auf Vorrat" erfolgen.

Die Messergebnisse der bauphysikalischen Untersuchung ergaben neben hohen Druckfestigkeiten zwischen 10 und 20 N/mm², dass die Wärmeleitfähigkeit von Piséwänden (über 1900 kg/m³) mit 0,65 W/mK erheblich niedriger ist als die bisher angenommenen 0,9 - 1,20 W/mK. Es hat sich aber auch gezeigt, dass die Wärmeleitfähigkeit mit der Erhöhung der Rohdichte schnell zunimmt, dabei schon die Differenz von 300 kg/m³ eine erhebliche Rolle spielt und auch ein höherer Grobkiesanteil die Wärmeleitfähigkeit erhöht. Im Vergleich mit einem herkömmlichen

Baustoff mit ähnlicher Rohdichte wie z. B. Leichtbeton, schneidet dieser schon bei 1700 kg/m³ mit 1,0 W/mK um 30% schlechter ab. Die Wärmeleitfähigkeit von Pisewänden steigt mit zunehmendem Feuchtegehalt kaum an und in ihrem Sorptions- und Desorptionsverhalten erzielen sie hervorragende Werte. Alle diese Eigenschaften, zusammen mit den einfachen konstruktiven Prinzipien, ermöglichen die Erhaltung des aktuellen Gebäudebestandes und dessen Anpassung an moderne Komfortansprüche ohne grossen technischen Aufwand.

B 1.1 Kurzfassung in englischer Sprache (abstract):

Etymologically, the word "pisé" suggests a Spanish origin ("pisar" = stampfen). The construction method itself was brought to Spain by the Saracens and thereafter to France. Thus, one might think that it originated in Arabia. There are also indications that the Romans were the first pisé builders, as they are said to have invented the "opus caementitium", i.e. Roman concrete. As Roman lime, lime concrete, or natural cement, the Roman concrete represents an improvement of the pisé construction method. The Romans' first concrete walls were pisé walls, solidified with lime as an additional bonding agent.

The first Swiss pisé constructions were modelled after French buildings located in the region of Lyon. The knowledge of this method spread to other regions through the trade in linen, which had been cultivated and manufactured in the southern Lake Constance region since the early Middle Ages, and was traded from there via Lyon to Marseilles, and then via the Mediterranean to the Middle East.

The use of pisé was dependent on the availability of natural mineral deposits. Thus, buildings made out of pisé were built only at places where the necessary clay-bearing soil, actually a mixture of gravel, sand, silt and clay, could be found. In that regard the morainic soils of Switzerland proved to be ideal. Another precondition for the use of pisé was of a social nature: the readiness for reforms and the courage to try something new.

The history of Swiss pisé constructions can be divided into three periods: The first period (1661 - 1671) was directly connected to the rise of "free enterprise" and showed pisé constructions in Hauptwil/TG and in the region of Geneva. The second period (1820-1865) was initiated by the wish for extensive social reforms, for example with respect to the school sector (e.g. Thurgau 1831) and the hygienic conditions in the villages, which until then had still maintained their medieval characteristics. The constructional work was supported financially by several different cantonal public-welfare institutions. During the third period (1918-1942), it was an interest in various aspects of architectural physics and of saving energy that led to scientific research on pisé. The end of the use of pisé began with the enormous increase in coal mining and the simultaneous expansion of the road and railway system in the first half of the 20th century. This made it possible for building materials to be produced and transported in ever larger amounts. Thus, the industrialization that once brought pisé to Switzerland now made it slowly disappear.

From an architectural point of view, we can say that pisé has never developed a specific architectural language. Its external appearance has always integrated itself into the currently predominant aesthetical ideas. In this sense, the history of Swiss pisé constructions is nothing but an excursion into the history of Swiss architecture. In most cases, pisé buildings are multistoried main bodies with a support-free collar beam roof.

While the supervision of the construction work by an expert was essential for a successful pisé building, most of the work could be executed by unskilled workers. The stamping work had to be done between May and September, and when it rained, work had to pause. The biggest advantage of pisé constructions was the fact that they were the least expensive and in most cases this was the decisive reason for using this technique. We may assume that for the walls, cost savings of up to 70% were possible, at least if the relatively expensive tools and equipment, especially the shuttering, could be used more than one time. Another advantage was the extremely low level of energy consumption and pollutants: Unlike conventional methods of building, including other traditional mud-brick constructions, this method allowed to use the locally available materials immediately, without further preparation. The completed component dried by itself and a load on the walls was possible after only two days. 1 m² of the outer wall contained only about 50 MJ, and no pollutants were produced, not in the process of construction and not in the process of disposal.

There were also different attempts to improve the pisé technique. A main problem in constructing the walls was to be seen in the relatively demanding system of shuttering. Since there were some problems regarding the dimensional and angular accuracy, it had to be checked and plumbed repeatedly. For the same reason, there were additional problems with the arrangement and fitting of doorways and windows. The time of construction was limited to the few months of summer, and even then the procedure was often hindered by rainy days. Therefore, the production of stamped pisé blocs, the so-called "nouveau pisé", was an advancement, as they could be stocked and were then available when needed, independent of the weather.

The results of the physical study show that the thermal conductivity of pisé walls (over 1900 kg/m³) at 0.65 W/mK is substantially lower than the previously assumed 0.9 - 1.20 W/mK. However, it was shown that the thermal conductivity quickly increases with increasing specific weight, the difference of 300 kg/m³ playing a substantial role, and a higher proportion of coarse gravel also increases the thermal conductivity. As compared to a conventional building material with a similar specific weight, e.g. lightweight concrete, one can see that it does worse, e.g. at 1700 kg/m³ at 1.0 W/mK at 30%. The thermal conductivity of pisé walls hardly increases with increasing moisture content and it shows outstanding drying characteristics in Sorption and Desorption. These characteristics, along with the simple constructive principles, enable the maintenance of the current building and its adaptation to modern demands for comfort without a great deal of technical problems.