



Abb. 1: Gewölbekeller mit gutem Lagerklima.

Der Weinkeller aus bauphysikalischer Sicht

Weinkeller liegen meist unter der Erde, wodurch besondere bauliche Randbedingungen gelten. An die Planung und Bauausführung werden spezielle Anforderungen gestellt. Im vorliegenden Artikel ist das derzeitige bauphysikalische Wissen zusammengefasst und bezüglich Kellerbau aufbereitet. Besondere Aufmerksamkeit galt der Wärmedämmung und dem Feuchtigkeitsschutz. Ein weiterer Abschnitt betrifft die Schimmelpilzproblematik.

ALOIS F. GEYRHOFER,
BETRIEBSTECHNIK, LFZ KLOSTERNEUBURG, ÖSTERREICH
alois.geyrhofer@weinobst.at

Das Wort «Keller» stammt vom lateinischen Wort «cellarium» und bezeichnete eigentlich einen gewöhnlichen Lagerraum. Die heutigen Ansprüche an die Lagerqualität sind vielschichtiger und müssen bei der Planung von Weinkellern berücksichtigt werden. Nutzungsrelevante Anforderungen wie Wärme- und Feuchtigkeitsschutz sind in Bauordnungen und Bautechnikverordnungen aufgeführt und werden im Baubewilligungsverfahren kontrolliert. Die Planung umfasst aber eine Vielzahl von weiteren wichtigen Punkten: Beim Bauplatz sind neben der Lage auch die Bodenverhältnisse und die Grundwassersituation zu beachten. Statik und Konstruktion beinhalten unter anderem die Bauweise und Standfestigkeit. Baustoff, Dampfdiffusion und Abdichtungsmethode sind mitbestimmend beim Wärme- und Feuchtigkeitsschutz. Die Nutzungsvarianten werden zudem durch Zubehör- oder Aufenthaltsräume erweitert.

Bauweisen

Die Bauweise von Weinkellern ist landesspezifisch. Sie wird meist durch die Rahmenbedingungen und eine

kostengünstige Ausführung bestimmt. Kühle, trockene und geruchsneutrale Kellerräume sind eine Voraussetzung für das Weinlager. Der Raum soll im Sommer kühl und im Winter frostfrei sein. Hier spielt die Nutzung die entscheidende Rolle. Für die Weinlagerung haben sich folgende Kellerbauweisen bewährt:

Gewölbekeller: Gewölbe stellen die älteste Form massiver Decken dar. Der klassische Gewölbekeller bietet normalerweise ein gutes Lagerklima, da er gleichmäßig kühl (Temperaturschwankung zwischen 10 und 18 °C) und feucht ist. Allerdings kommt es oft zu Schäden durch aufsteigende Feuchtigkeit im oberen Bereich. In Neubauten werden Gewölbekeller nur noch selten realisiert, da Erstellung wie Instandhaltung teuer sind.

Erdkeller: Herkömmliche Erdkeller weisen ein Ziegelgewölbe, eine Erdüberschüttung und eventuell eine zusätzliche Isolation aus Schaumglas auf. An das Ziegelgewölbe schliesst ein Abluftschacht (z.B. aus Tonrohren) an. Eine darüber liegende Abdichtung aus Kalk- oder Trassmörtel verhindert das Einwachsen von Wurzeln. Da bei einem Weinkeller die Feuchtigkeit draussen bleiben soll, ist diese Kellerbauweise weniger für die Weinlagerung geeignet.

Konventionelle Keller: Der am häufigsten verwendete Baustoff in konventionellen Weinkellern ist Beton (Ortsbeton oder Fertigelemente). Neue Weinkeller müs-



Abb. 2: Bautechnische Weinkelleranalyse.

sen ausreichend vor eindringender Nässe durch Dichtband oder Bitumenanstrich geschützt werden. Die Isolation muss so angebracht werden, dass keine Bauteilspannungen und Wärme- oder Kältebrücken auftreten.

Wohnhauskeller: Bei Weinkellern in Wohnhäusern müssen durch bautechnische Massnahmen Wein-Lagerbedingungen geschaffen werden. Eine Isolation zwischen Keller und beheizten Wohnräumen sowie gegen Warmwasserleitungen, die durch den Weinkeller führen, ist zwingend. Bei Kellern aus Stahlbeton kann zudem das Raumklima zu trocken sein.

Nebengebäudekeller: Bei Kellern in oder unter Nebengebäuden ist vorteilhaft, wenn diese nicht beheizt sind. Alle vorgängig genannten Bauweisen können in Nebengebäuden realisiert werden.



Abb. 3: Trockener Weinkeller mit eingelagerten Weinfässern.

Wärmeschutz

In konventionellen ungedämmten Weinkellern geht bis zu 20% der Wärme über die Kellerdecke verloren. Eine gute Isolation ist angezeigt. Besonders wichtig ist dies bei Decken, die mit der Aussenluft in Kontakt stehen, da ein erhebliches Temperaturgefälle entstehen kann. Dazu kommt, dass bei Aussenwänden der Wärmestrom im erdoberflächennahen und der Aussenluft ausgesetzten Sockelbereich wesentlich grösser ist als im Erdreich. Die Temperatur liegt in einer Tiefe von zirka 2.5 m normalerweise nicht unter +3 °C. Es empfiehlt sich jedoch, über das ganze Kellermauerwerk eine konstante Dämmstoffdicke zu verwenden. Um Wärmebrücken zu vermeiden, muss die Isolation der Aussenwand über den Sockelbereich hinaus nach unten gezogen werden. Derartige wärmetechnische Massnahmen sind vor allem bei hoher Luftfeuchtigkeit und Innentemperatur notwendig. Dadurch wird die Gefahr einer Kondensation der warmen, feuchten Kellerluft an der kalten Bauteiloberfläche verringert.

Feuchtigkeitsschutz

Grundsätzlich muss im Erdreich immer mit Feuchtigkeit gerechnet werden. Ihr Eindringen ins Kellerinnere gilt es zu verhindern, da sie unter anderem die Entwicklung von Schimmelpilzen begünstigt. Folgende Faktoren beeinflussen die Bodenfeuchtigkeit:

- Bodenart (bindig oder nichtbindig)
- Geländeform (flach oder Hanglage)
- Untergrund (Wasser führende Schichten)
- Höhe des Grundwasserspiegels (maximaler Stand auf dem Baugrund)

Das Ausmass der Schutzvorkehrungen hängt vom Gefahrenpotenzial ab. Entsprechend den Erscheinungsformen des Wassers in der Umgebung ist eine Abdich-



Abb. 4: Seitliches Eindringen von Aussenwasser in den Weinkeller.

tung gegen Bodenfeuchtigkeit, gegen druckloses Wasser im Baugrund oder gar gegen von aussen drückendes Wasser (Bergdruck) nötig. Es steht eine Vielzahl von Systemen für die flächige Abdichtung von Weinkellerbauteilen (Bitumen- und Kunststoff-Dichtungsbahnen, Sperrputze, Dichteanstriche) zur Verfügung. Bei Bauwerksabdichtungen reichen dünne Schichten aus, da sie aus weitestgehend wasserundurchlässigen Materialien bestehen. Hinsichtlich der Abdichtung ist zwischen einem Schutz gegen aufsteigende Feuchtigkeit (horizontal) und gegen seitlich eindringende Feuchtigkeit (vertikal) zu unterscheiden. Auch wird zwischen Abdichtungen im Wandquerschnitt (verhindern Feuchtigkeitsaufstieg über Wandbaustoffe) und Abdichtungen ausserhalb der Wand differenziert. In der ÖNORM B 2209-1 [59] Werkvertragsnorm sind zusätzliche Informationen zu Abdichtungsarbeiten an Bauwerken enthalten.

Abb. 5: Schimmelpilzbildung an Weinflaschen aufgrund hoher relativer Luftfeuchtigkeit.

Drainagen dienen zur Entwässerung des an das Bauwerk angrenzenden Erdreichs. Es wird unterschieden zwischen Ringdrainagen, die das eindringende Niederschlags- und Oberflächenwasser entlang den Kellerwänden ableiten, und Flächendrainagen, worunter man die flächige Ableitung des Wassers unter dem Weinkeller versteht.



Feuchtigkeit und Schimmelpilze

Eine Folge von Wasser auf Bauteiloberflächen sind Schimmelpilze der Gattungen *Penicillium* und *Aspergillus*. Ihr Auftreten ist sowohl aus ästhetischen wie hygienischen Gründen nicht erwünscht. Pilzsporen können Allergien hervorrufen.

Die Bildung von Pilzkolonien im Weinkeller wird gefördert durch:

- **Feuchtigkeit:** Zum Keimen, Wachsen und Fortpflanzen der Schimmelpilze muss freies Wasser verfügbar sein, das normalerweise aus Oberflächentauwasser stammt.
- **Temperatur:** Entwicklung und Fortpflanzung von Schimmelpilzen erfolgt rasch bei Temperaturen zwischen +15 und +30 °C (Überlebensbereich: 0 bis 50 °C).
- **Nährstoffe:** Schimmelpilze benötigen zum Wachstum Aminosäuren. Die Ausgangssubstanzen stammen aus den Baustoffen oder von Ablagerungen aus der Luft.
- **Sauerstoff:** Schimmelpilze nehmen aus der Umgebung Sauerstoff auf, mit dessen Hilfe sie durch Atmung die Energie für das Wachstum gewinnen.
- **Untergrund:** Besonders gut geeignet für die Kolonisierung durch Schimmelpilze ist poröser Untergrund mit Porengrössen über 0.05 mm.
- **Zeit:** Die Bildung eines Pilzgeflechts dauert etwa eine Woche.

Es sind immer grosse Mengen an Schimmelpilzsporen (1000 bis 1 Mio. pro m³) in der Luft vorhanden. Als Voraussetzung für ihr Auskeimen wird das Vorhandensein von freiem Wasser auf den Oberflächen oder in oberflächennahen Materialporen betrachtet. Es ist aber bekannt, dass Schimmelpilze auch auftreten können, wenn Materialien lange hoher Luftfeuchtigkeit ausgesetzt waren. Deshalb wird heute vielfach die Ansicht vertreten, dass Tauwasser nicht eine zwingende Voraussetzung ist. Vielmehr soll bereits bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 80% – als optimal werden Werte zwischen 90 und 97% genannt – Schimmelpilzbildung beobachtet worden sein. Allerdings beruht diese Hypothese auf Laborversuchen.

Sanierung verschimmelter Weinkeller

Im Vordergrund der Bekämpfung von Schimmelpilzen muss die Suche nach den Ursachen stehen. Sanierungen scheitern häufig, weil aus Kostengründen vorgängig keine Feuchtigkeitsanalyse des Kellers durchgeführt wurde. Die Bauherrschaft verlässt sich allzu häufig auf unqualifizierte und produktorientierte Aussagen von Firmenvertretern. Wesentlich wäre aber der Feuchtigkeitsentzug aus verschimmelten Bauteilen. Schimmelpilz-Entferner sind nur dann wirkungsvoll, wenn sichergestellt ist, dass die Stelle abtrocknen kann und ein neuerlicher Feuchtigkeitseinfall verhindert wird. Fungizide Mauerfarben sind nutzlos, weil sie die Ursachen nicht beseitigen. Eine Sanierung im kleineren Umfang – bei oberflächlichen Befallsflächen von weniger als 0.5 m² – ist durch Behandlung mit hochprozentigem Alkohol (70-80% Ethanol oder Isopropanol) möglich. Bei grösserem Schimmelpilzbefall und wenn auch tieferliegende Baustoffschichten betroffen sind, ist eine Fach-



Abb. 6: Pressraum in einem Kellerneubau.

firma mit der Sanierung zu betrauen. Sanierungen grösseren Stils machen eine Trockenlegung, den Ersatz befalener Bauteile sowie gegebenenfalls weitere Massnahmen erforderlich.

Probleme entstehen, wenn aufgrund mangelnder Fachkenntnisse Fehler begangen werden. Häufig werden auch zu hohe Erwartungen in die Produkte gesteckt. Es empfiehlt sich die Konsultation von Fachliteratur (zum Beispiel ÖNORM B 3355 «Trockenlegung von feuchtem Mauerwerk»). ■

Bauphysik

Die Bauphysik beruht auf naturwissenschaftlichen Gegebenheiten. Ihre Aufgabe ist es, den Bau eines funktionsfähigen Gebäudes unter Berücksichtigung der einwirkenden physikalischen Kräfte zu garantieren. Entsprechend haben bauphysikalische Massnahmen vielfältige Auswirkungen auf ein Gebäude. Sie verfolgen aber immer zwei Ziele: 1. ein optimales Raumklima zu schaffen, und 2. das Gebäude vor zerstörerischen Einflüssen zu bewahren. Heute werden hohe Anforderungen an den Wärme- und Feuchtigkeitsschutz gestellt. Diesen Ansprüchen kann nur die Verwendung neuer Baustoffe und Bautechniken gerecht werden. Es besteht jedoch die Gefahr, dass durch bauphysikalisch falsche Materialkombinationen Bauschäden entstehen. So müssen beispielsweise bei der Wärmedämmung auch die Wasserdampfdiffusion einschliesslich der Kondensation berücksichtigt werden. Deshalb müssen alle Disziplinen der Bauphysik bei der Bauplanung in die Betrachtung einbezogen werden.

La cave du point de vue de la physique du bâtiment

R É S U M É

L'article rappelle les principes fondamentaux de la physique du bâtiment dont il convient de tenir compte lors de la planification et de la construction d'une cave. Après la présentation de modèles de construction possibles, l'auteur approfondit les thèmes de la protection contre la chaleur et l'humidité. L'isolation thermique correcte d'une cave doit obéir aux lois physiques fondamentales du transport de la chaleur qui dictent le type d'isolation. Cependant, les mesures d'isolation de l'enveloppe de la cave ne doivent pas se concentrer exclusivement sur le climat intérieur, mais également inclure des critères d'économicité. A noter

enfin qu'une isolation thermique lacunaire favorise la production d'eau de condensation et donc forcément l'apparition d'un tapis de moisissures. Le chapitre sur la protection contre l'humidité à la cave met en lumière les mesures concrètes à prendre pour éviter de tels problèmes d'humidité dans la pratique. L'humidité et les moisissures posent des problèmes dans la majorité de caves. Et pourtant, on a tendance à les négliger, les travaux d'assainissement sont constamment repoussés ou alors, on ne fait pas correctement les choses, ce qui renchérit les travaux inutilement.