

Bauklimatische Aspekte beim Bau von ausgedehnten Lysimeterkellern mit wägbaren Lysimeterbehältern

Holger Stertz^{1*}

Zusammenfassung

Bei der Errichtung von ausgedehnten Lysimeterkellern ist bereits in der Planungsphase der Realisierung geeigneter raumklimatischer Bedingungen besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Das Grundproblem besteht darin, dass in Lysimeterkellern aus folgenden Gründen ein Luftwechsel mit der Außenluft auftritt:

- In den Kellerbauwerken arbeiten zeitweilig Personen
- Fugen zwischen Lysimeterbehälter und Kellerdecke.

Bei größeren Anlagen mit wägbaren Lysimeterbehältern kann sich dieser Luftwechsel unter Umständen ungünstig auf die wissenschaftlichen Untersuchungen auswirken (z.B. Temperaturschwankungen, Kondenswasser, Schimmel). Im Beitrag werden die Ursachen und Auswirkungen anhand von Grafiken und Erläuterungen dargestellt und es wird eine Reihe von Maßnahmen vorgestellt und diskutiert, mit denen die Auswirkungen minimiert werden können.

Schlagwörter: Qualitätskontrolle im Lysimeterbetrieb, Raumklima in ausgedehnten Lysimeterkellern, Land- und Forstwirtschaft

Summary

For the construction of large lysimeter basements, particular attention must be paid to the creation of appropriate internal climatic conditions, starting in the planning phase. The main problem is that air exchange occurs between the lysimeter basement and the external atmosphere, typically for the following reasons:

- The presence of personnel working in the lysimeter basement
- Gaps between the lysimeter container and the basement cover slab.

In large facilities with weighable lysimeter containers, this air exchange can have a negative impact on the scientific experiments undertaken, e.g. changes in temperature, condensation or mould. The causes and effects are explained in the paper using graphics and explanations. Various measures to minimise the impact are introduced and discussed.

Keywords: Quality control in the operation of lysimeters, indoor environment in large lysimeter basements, agriculture and forestry

Einleitung

Bei der Erweiterung von 2 Feldlysimeteranlagen der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (KNOBLAUCH und SWATON 2007) mußte festgestellt werden, dass sich mit Vergrößerung der Anlagen in den Kellerräumen problematische Klimaverhältnisse mit zeitweilig hoher Luftfeuchte und partieller Schimmelbildung einstellten.

Im konkreten Fall wurden Lysimeterkeller, die zuvor mit je 2 Lysimeterbehältern bestückt waren, durch Anbauten mit einer Kapazität von jeweils 6 Lysimeterbehälter erweitert (siehe Übersichtsgrundriss, *Abbildung 1*). Die Erweiterungsbauten wurden im Winter errichtet. Im darauf folgenden Sommer kam es zu Tauwasseranfall und partieller Schimmelbildung. Diese Erscheinung trat in beiden Anlagen auf, aber in sehr unterschiedlicher Intensität.

Die nachfolgende Ursachensuche ergab zwar einige bauliche Mängel (partielle Undichtheiten bei Fugen an den Lysimeterhülsen und falscher Anstrichstoff an der Kellerdecke) diese konnten aber nicht allein die Ursache für den vorgefundenen Tauwasseranfall an Decken und Behältern sein.

Konstruktive Besonderheiten der Lysimeteranlagen

Zum Verständnis der nachfolgenden Ausführungen zunächst einige Anmerkungen zur Konstruktion.

Anhand von Grundriss und Schnitt (*Abbildungen 1 und 2*) ist zu erkennen, dass jeweils ein vorhandener Keller mit einem vorhandenen Einstiegsbauwerk durch einen Anbau erweitert wurde.

Zwischen den beiden Bauwerken gibt es einen kurzen Verbindungsgang, die Deckenunterseiten beider Bauwerke sind gleich hoch. Damit die Lysimeterbehälter gewogen werden können, werden sie mit Hilfe von Rohrhülsen (Lysimeterhülse) beweglich durch das überdeckende Erdreich geführt. Auf Grund der Fertigungstoleranzen von Lysimeterbehälter und Lysimeterhülse sowie zur Gewährleistung der Beweglichkeit der Behälter und Feldbedingungen, besteht zwischen Hülse und Behälter ein Luftspalt von knapp 20mm. Von Seiten des Arbeitsschutzes wurde gefordert, dass die Kelleranlagen mit Lüftungsanlagen auszustatten sind, die vor dem Betreten der Keller einen mindestens 3-fachen Luftwechsel realisieren sollen. Diese Anlagen wurden am

¹ Weimar Planung und BauOptimierung, Dorfstraße 4a, D-99427 WEIMAR

* Ansprechpartner: Holger Stertz, stertzwe@web.de

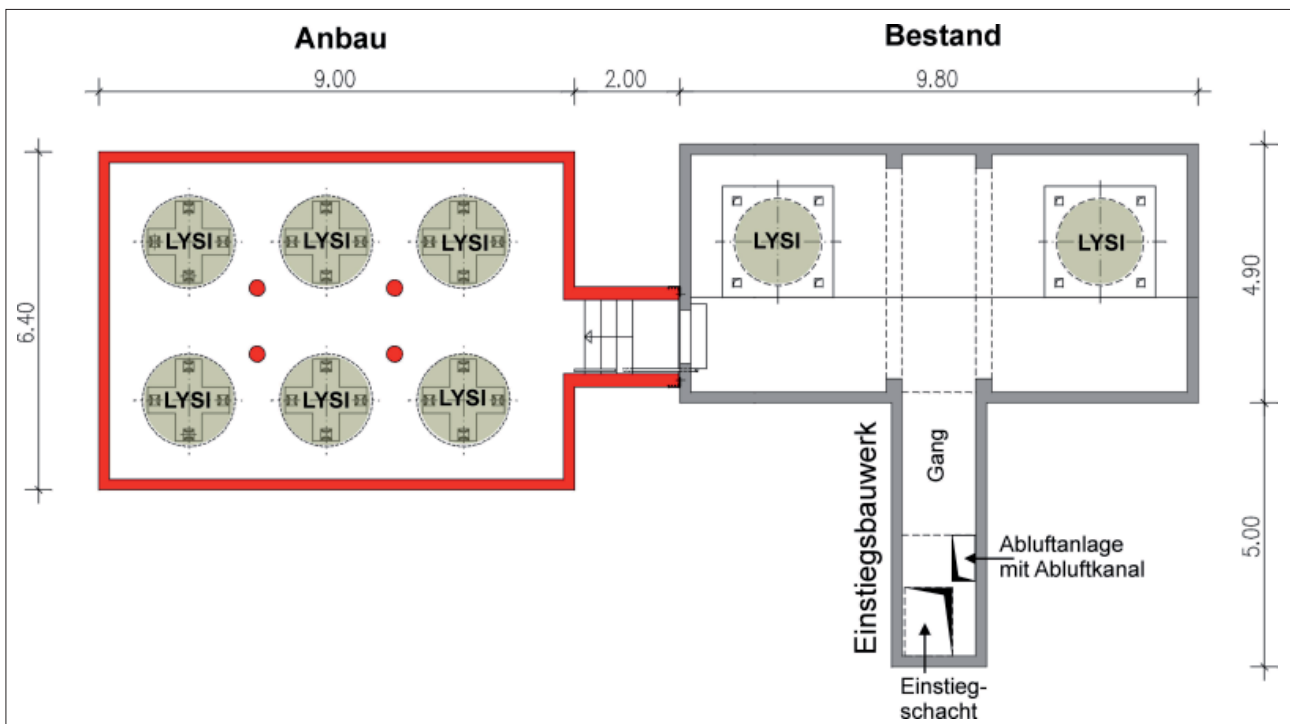


Abbildung 1: Übersichtsgrundriss einer Anlage

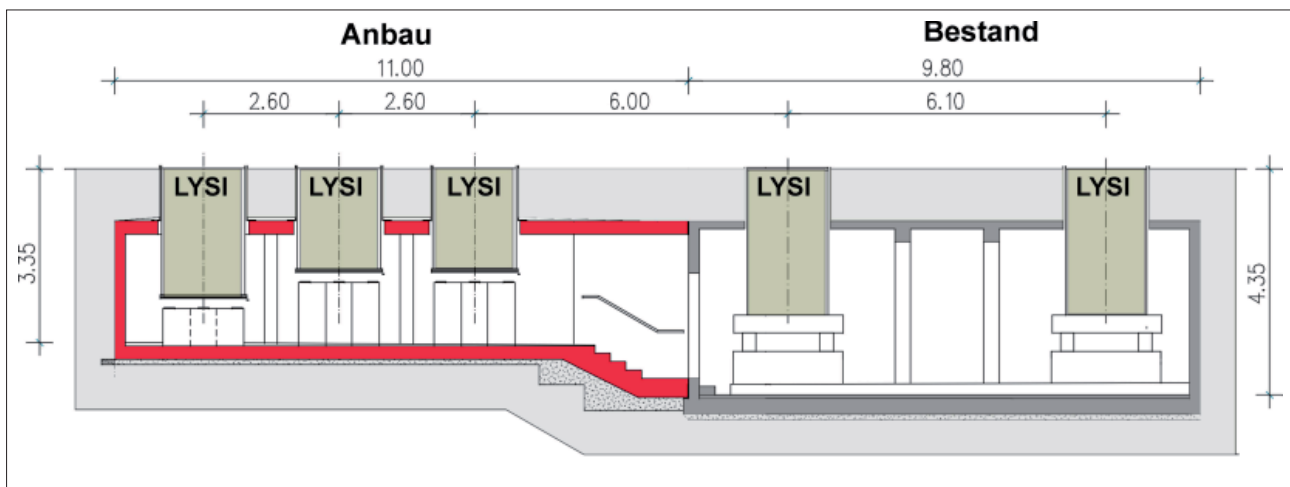


Abbildung 2: Prinzipschnitt

Einstiegsbauwerk als Abluftanlagen so installiert, dass sie die Luft vom Fußboden der Kelleranlagen absaugen. Die Luft sollte durch die Luftspalte zwischen Behälter und Hülse der Lysimeter nachströmen. Auch in Spitzenzeiten der Vegetationsperioden werden die Keller selten mehr als 1 Mal pro Tag betreten.

Erste Untersuchungen

Parallel zu den Sofortmaßnahmen (Schimmelsanierung, Aufstellung von Luftentfeuchtern zur Bewältigung der Klimaspitzen) wurden gezielte Untersuchungen und Messungen vorgenommen.

Dabei wurden neben den kontinuierlichen Messungen der Raumlufttemperatur und der Raumluftfeuchte auch

Einzelmessungen von Oberflächentemperatur (Infrarot-Thermometer), Luftfeuchte in Oberflächennähe (Hygrometer) und Oberflächenfeuchte (Materialfeuchtemessgerät, dimensionslos) vorgenommen und die Luftströmungen in den Kelleranlagen überprüft.

Oberflächenfeuchte

Die Überprüfung der Oberflächenfeuchte an der Decke der Lysimeterkeller ergab, dass die Feuchtigkeitsverteilung eine Tendenz aufwies (siehe Prinzipdarstellung *Abbildung 3*), die höchste Feuchtigkeit wurde in den Erweiterungsbauten im Bereich der Lysimeterbehälter gemessen, sie nahm in Richtung des Verbindungsganges langsam ab und war in den hinteren Bereichen der Erweiterungsbauten nicht signifikant.

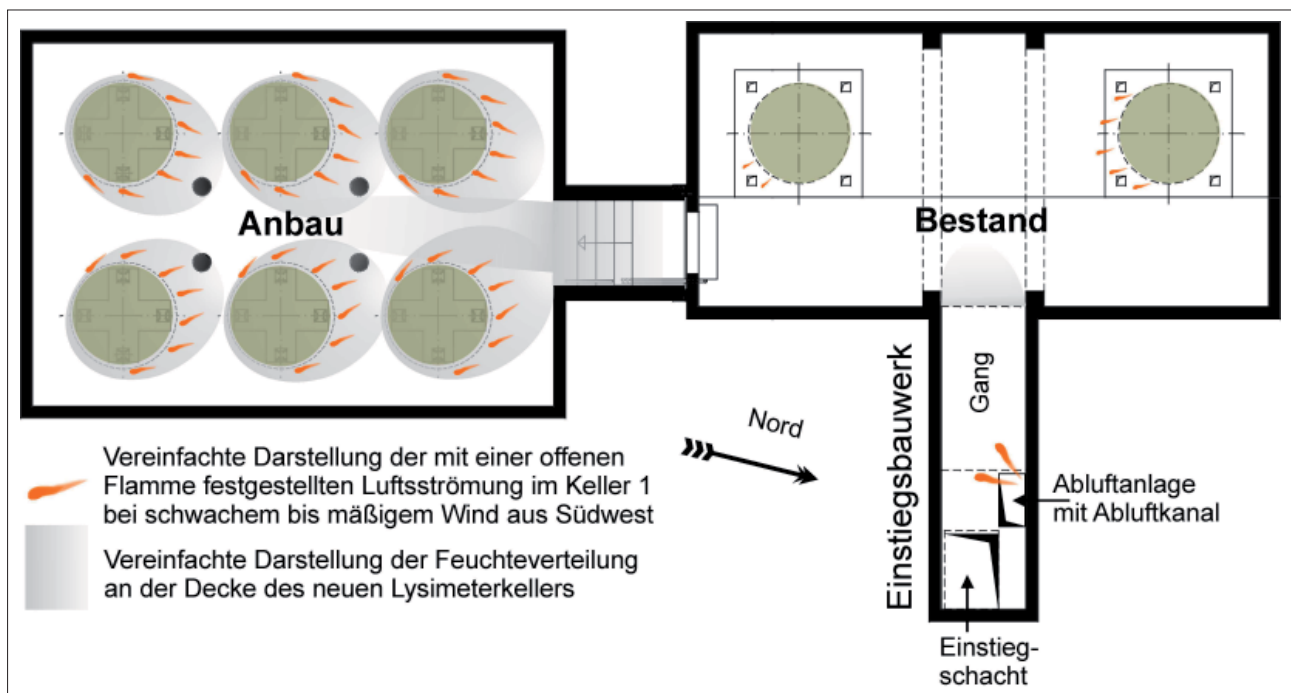


Abbildung 3: Prinzipdarstellung Verteilung Oberflächenfeuchte und Luftströmung

Klimadaten

Bei der Auswertung der Klimamessdaten der Lysimeterkeller wurde festgestellt, dass das Innenklima der Lysimeterkeller in einer so nicht erwarteten Wechselwirkung mit dem Außenklima stand. Schwankungen des Außenklimas waren mit sehr geringer Verzögerung in den Daten des Innenklimas erkennbar. Dies ist für bestimmte Messreihen ungünstig, da die Raumtemperatur im Kellerbauwerk auch Einfluss auf die Bodentemperatur in den Lysimeterbehältern hat. Es war zu vermuten, daß dafür ein Luftaustausch zwischen den Kellerbauwerken und der Außenluft verantwortlich ist.

Luftströmung

Ein entsprechendes Ergebnis erbrachte dann die Untersuchung der Luftströmung in den Kelleranlagen. Es wurde festgestellt, dass (bei geschlossener Einstiegs Luke) eine Luftströmung zwischen den Erweiterungsbauten und den bestehenden Kellern besteht. Die höchste Strömungsgeschwindigkeit wurde am unteren Ende des Abluftkanals festgestellt. Hier stand leider keine spezielle Messtechnik zur Verfügung, die Prüfung der Verhältnisse erfolgte pragmatisch mit einer offenen Flamme. Die ermittelten Strömungsverhältnisse sind in *Abbildung 3* dargestellt.

Die erste Untersuchung wurde bei leichtem Wind vorgenommen. Bei einer weiteren Untersuchung bei Windstille konnte an den Verbindungen der Lysimeterkeller zur Außenluft (Abluftkanal und Luftspalte an den Lysimeterhülsen) nur sehr geringe bis gar keine Luftbewegung nachgewiesen werden. Nach dem provisorischen Verschluss (Abkleben) der Verbindung zwischen dem alten Bestandskeller und dem Erweiterungsbau in einer der Anlagen wurden die Strömungsverhältnisse nochmals geprüft und erheblich geringere (kaum spürbare) Strömungen am Abluftkanal festgestellt.

Fazit der ersten Untersuchungen

Durch die Erweiterung der Lysimeteranlagen wurde der Luftquerschnitt im Bereich der Lysimeterhülsen um den Faktor 4 erhöht (vorher 2 Behälter, danach 8 Behälter). In absoluten Zahlen ausgedrückt: von ca. 0,20 m² auf ca. 0,80 m². Außerdem erhöhte sich die Ausdehnung der Anlagen. Wenn der maximale Abstand zwischen den Luftspalten an den Lysimeterhülsen und dem Abluftkanal zuvor nur ca. 7 m betragen hatte, war durch die Erweiterung auf gut 16 m erhöht worden. Bei Luftbewegung über der Ackeroberfläche kommt es offensichtlich an den relativ weit auseinander liegenden Luftverbindungen zu den Kellerbauwerken zu Druckunterschieden, die in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit und Windrichtung zu entsprechendem Luftaustausch innerhalb der Keller führt. Dabei kühlt sich die einströmende Außenluft an der Kellerdecke ab und gibt bei Unterschreitung des Taupunktes Kondensat an die Oberfläche ab, und zwar so lange, bis die Oberfläche über den Taupunkt erwärmt worden ist. Auf dem gleichen Weg kann dann die Oberfläche wieder „abtrocknen“, das hängt aber von Außenklima und Windrichtung ab. Offensichtlich waren die Umstände längere Zeit so ungünstig, dass sich Schimmel bilden konnte.

Maßnahmen

Im Ergebnis der Untersuchungen wurden folgende Maßnahmen ergriffen:

- Überprüfung und Nachjustierung der Funktion der Absperrklappen an den Abluftanlagen (diese sollten geschlossen sein, wenn die Anlagen nicht in Betrieb sind).
- provisorischer Verschluss der Luftspalte an den noch nicht mit Wägezellen ausgerüsteten Lysimeterbehältern in den Erweiterungsbauten.

Folgeuntersuchungen

Nach Abschluss der Schimmelsanierung und der Maßnahmen zur Reduzierung des Luftaustausches folgte über einen Zeitraum von mehreren Jahren eine Beobachtungsphase mit folgenden Komponenten:

- Auswertung der Klimadaten der Raumluft in den Lysimeterkellern
- Überprüfung der Entwicklung der Oberflächenfeuchtigkeit in den kritischen Bereichen in Abständen von 4 bis 8 Wochen.
- Beobachtung des Kondensatanfalls der Luftentfeuchter
- Untersuchung der Raumluft auf Schimmelsporen in Abständen von 6-12 Monaten
- Entwicklung und Erprobung einer Dauerlösung für die Reduzierung des Luftquerschnittes an den Lysimeterhülsen der wägbaren Lysimeterbehälter.

Klimadaten / Luftaustausch

Es wurde festgestellt, dass durch die vorgenommenen Maßnahmen die extremen Spitzen der Luftfeuchtigkeit und auch der Oberflächenfeuchte an den kritischen Bereichen nicht mehr auftraten. Es wurde aber auch deutlich, dass der Einfluss des Außenklimas auf das Raumklima mit den vorgenommenen Maßnahmen nicht vollständig ausgeschlossen werden kann. Ursachen:

- die Luftspalte an den wägbaren Lysimeterbehältern konnten nicht abgedichtet werden
- die übrigen Luftspalten konnten im Querschnitt nur reduziert werden, da sonst der aus Gründen des Arbeitsschutzes geforderte Luftwechsel vor dem Betreten der Keller nicht funktioniert
- Feldbedingungen nur begrenzt
- die Absperrklappen der Abluftanlage sind nicht dicht oder funktionieren nicht sicher.

Kritische Spitzen der Luftfeuchtigkeit traten vor allem in der warmen Jahreszeit während der Vegetationsperiode auf, wenn die Außenluft gleichzeitig hohe Luftfeuchte und Luftbewegung aufweist. Es mußte auch festgestellt werden, dass die Verhältnisse bei den beiden untersuchten Lysimeteranlagen tendenziell vergleichbar, in den konkreten Werten aber recht unterschiedlich waren, es liegt die Vermutung nahe, daß am zweiten Standort (ca. 200 m entfernt und einige Meter tiefer gelegen) andere Windverhältnisse herrschen.

Oberflächenfeuchte

Die Überprüfung der Oberflächenfeuchte an den kritischen Bereichen der Decken wurde in größeren Abständen vorgenommen. Kritische Zustände wurden dabei nicht festgestellt. Tendenziell war die Oberfläche in der kalten Jahreszeit trockener als im Sommer.

Luftentfeuchter

Besondere Aufmerksamkeit wurde der Funktion der Luftentfeuchter gewidmet. Ziel war es, die Arbeit der Geräte zu optimieren und die Einstellungen so anzupassen, daß sie nur anspringen, wenn es wirklich notwendig ist, also oberhalb von 80-85% relativer Luftfeuchte.

Schimmelsporen

Die Messung der Schimmelsporen in der Raumluft erfolgte durch ein Labor der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft. Im Ergebnis wurden über den gesamten Beobachtungszeitraum relativ stabile Verhältnisse im gesundheitlich unbedenklichen Bereich festgestellt. Zu einem für das Auge sichtbaren Schimmelbefall ist es an keiner Stelle gekommen.

Lösung für die Reduzierung des Luftspaltes an wägbaren Lysimeterbehältern

Als Dauerlösung für die Einengung des Luftspaltes wurde eine Lösung entsprechend *Abbildung 4* als Dichtmanschette mit einem Formteil aus geschäumten Kautschuk (z.B. Armaflex) ausgewählt. Diese Lösung ermöglicht es, den Luftspalt ohne großen technischen Aufwand nach Wunsch einzuengen. Durch das flexible Material ist es möglich, die Konstruktion von durchfallender Erdkrume, Feuchtigkeit etc. zu reinigen und lässt sich mit relativ geringem Aufwand reparieren. Bei einem Austausch der Behälter muss sie allerdings erneuert werden.

Schlussfolgerungen

Aus den Erfahrungen, die bei der Erweiterung der Lysimeterkeller gesammelt wurden, können folgende Empfehlungen abgeleitet werden:

- Die Minimierung des Luftaustausches mit dem Außenklima sollte als Planungsgrundsatz gelten.
- Bei ausgedehnten Anlagen, ist es ggf. sinnvoll, sie so zu unterteilen, dass sie durch dicht schließende Türen voneinander getrennt werden können. Dadurch erhöht sich allerdings der Aufwand bei der Realisierung des aus Arbeitsschutzgründen geforderten Luftwechsels.
- Der aus Gründen des Arbeitsschutzes geforderte Luftwechsel sollte möglichst mit gesonderten Nachströmkanälen (also unabhängig von evtl. erforderlichen Luftspalten an den Lysimeterhülsen) gelöst werden. Die eingesetzte Technik sollte gewährleisten, daß sowohl die Abluftanlage als auch die Nachströmöffnungen in der Ruhestellung dicht schließen.
- Als Anstrichstoffe in den Lysimeterkellern sollten schimmelwidrige Farben eingesetzt werden.
- Die Beschaffung von Geräten für die Luftentfeuchtung sollte zumindest bei der Kostenplanung vorgesehen werden, auch wenn sie am Ende nicht erforderlich sind.
- Bei wägbaren Lysimeterbehältern sollte die Ausführung der Dichtmanschetten unter Berücksichtigung der Anforderungen im speziellen Lysimeterbetrieb geplant werden.

Mein Dank gilt den Mitarbeitern der TLL und der Lysimeterstation, durch die meine Untersuchungen ermöglicht und tatkräftig unterstützt wurden.

Literatur

- KNOBLAUCH, S. und T. SWATON, 2007: Erweiterung der Lysimeteranlage Buttelstedt für die Bestimmung von standortabhängigen Schwellenwerten für N-Salden. In: Tagungsband der 12. Gumpensteiner Lysimetertagung am 17. und 18. April 2007, 35-41.