

**Vortrag über Ergänzungen
bzw. Anpassungen für die
DIN 4140
Ausgabe Mai 2023**

Luftspalt bei Technischen Rohrdämmungen

Praktischer Versuch im
FIW in München mit zwei
Rohrleitungsmustern DN
100/114 mit 100 mm
Drahtnetzmatten
gedämmt.

Das erste Rohrgestell
wurde mit einem
hinterlüfteten
Dämmsystem erstellt,
das zweite ohne
Hinterlüftung. Beide
Systeme würden mit
einer Vielzahl von
Temperatur und
Feuchtfühlern
ausgestattet.



- Die Bleche werden nach einem Jahr weiß gestrichen damit der Emmisionswert ca. 0,90 erreicht.
- Ebenso wurde bei dem Dämmsystem ohne Luftspalt eine vollflächige Heizbandage installiert.
- Der Rückbau wurde von FIW durchgeführt, die Dämmung wurde wieder von mir montiert. Die Dämmung wurde erneuert jedoch diesmal mit zwei Lagen Drahtnetzmatte mit 50mm Dämmdicke.
- Der Versuch brachte am Ende das Ergebnis das die Hinterlüftung nicht notwendig ist. Dieses Ergebnis wird nun in der DIN 4140 eingearbeitet.

Ausgangssituation

Der Luftpalt bei Dämmsystemen im Außenbereich ist schon länger ein Thema, welches den einen oder anderen Isolierer nachdenklich macht. Der derzeitige Stand der Technik besagt, dass laut DIN 4140 /1/ Isoliersysteme mit luftdurchlässigen Dämmstoffen an warmgehenden Objekten in Freianlagen und direktem Strahlungsaustausch mit dem Weltraum durchfeuchten können. Die Ursache ist auf der Innenseite der Ummantelung kondensierende Feuchte, wenn das Ummantelungsblech in klaren Nächten durch Wärmeabstrahlung Temperaturen unterhalb der Taupunkttemperatur der eingeschlossenen Luft annimmt. In diesem Fall darf die Ummantelung keine Berührung mit dem Dämmstoff haben. Das anfallende Kondensat kann, ohne den Dämmstoff zu durchfeuchten, über Abtropföffnungen das System verlassen. Diese Forderung besteht in der DIN 4140 /1/ seit über 30 Jahren. Die Mitglieder des Technische Ausschuss der Bundesfachabteilung „Technische Isolierung“ (ehemals „Wärme-, Kälte-, Schall- und Brandschutz“) des Hauptverbandes der Deutschen Bauindustrie haben sich zur Aufgabe gemacht, diese Vorschrift zu prüfen, ob die Notwendigkeit eines Luftspaltes wirklich besteht. Mit Hilfe des Forschungsinstitutes für Wärmeschutz e.V. München wurde dazu ein Versuchsprogramm¹ durchgeführt.

Die Strahlungskälte des Weltraums

Bei technischen Dämmungen im Freien kann die Strahlungskälte des Weltraumes durch eine Unterkühlung des Ummantelungsblechs das Kondensatrisko für die Dämmkonstruktion erhöhen. Wichtig für das Verständnis der physikalischen Vorgänge ist, dass die Oberfläche der technischen Dämmung nicht im Strahlungsaustausch mit dem Weltraum steht, sondern als Strahlungspartner nur die äußeren Schichten der Atmosphäre zur Verfügung stehen. Diese äquivalente Himmelstemperatur gewährleistet bei Unterschreitung der Umgebungstemperatur eine dauerhafte passive Strahlungskühlung. Ist der Himmel wolkenlos und die Luft trocken wird in der Nacht eine maximale Kühlleistung von bis ca. 100 W/m^2 , entsprechend einer äquivalenten Himmelstemperatur von ca. 15 Kelvin unterhalb der Umgebungstemperatur, erreicht. Am Tag wirkt dieser Kälteabstrahlung allerdings je nach Bewölkung eine Sonneneinstrahlung von 200 W/m^2 bis ca. 1000 W/m^2 entgegen. Diese zwei Strahlungsvorgänge finden in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen statt, wirken entgegengesetzt und müssen gedanklich getrennt voneinander betrachtet werden. Die Atmosphäre der Erde ist nicht in allen Wellenlängenbereichen des Lichtes gleich durchlässig. Die Sonneneinstrahlung erreicht bei wolkenlosem Himmel die Erdoberfläche nahezu ungehindert, für den Energieaustausch aufgrund der IR-Temperaturstrahlung steht allerdings nur das atmosphärische Fenster im Wellenlängenbereich von $8 \mu\text{m}$ bis $13 \mu\text{m}$ (entspricht ca. -50°C bis ca. $+50^\circ\text{C}$) zur Verfügung. Bei äquivalenten Himmelstemperaturen unterhalb der Umgebungstemperatur kommt es bei Objekten im Freien zur Abkühlung. (Bild 1)

¹ Unter der Federführung der Bundesfachabteilung WKS im Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. sowie der Mitwirkung der Bundesfachgruppe WKS im Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e.V. und der Fördergemeinschaft Dämmtechnik e.V.

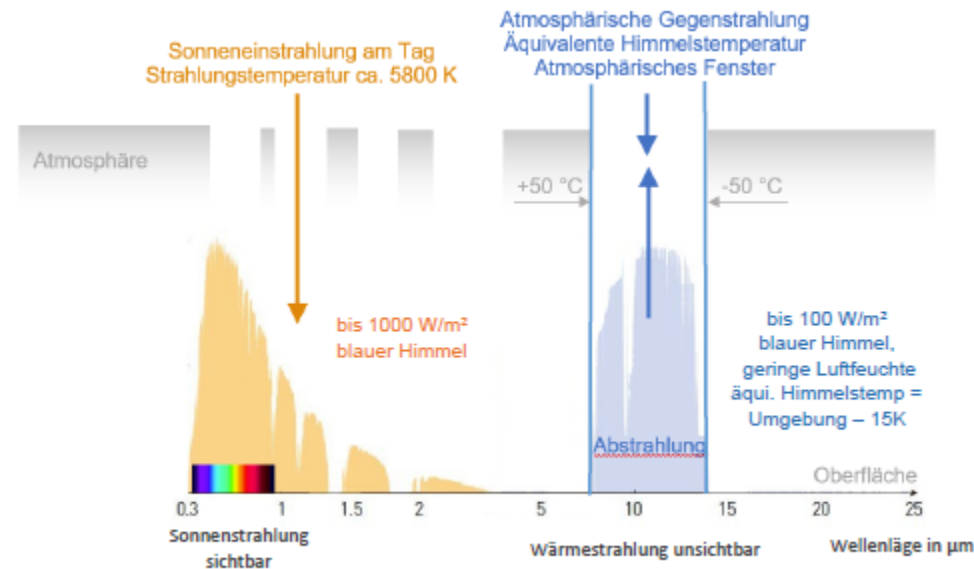


Bild 1: Die Durchlässigkeit der Atmosphäre für Sonneneinstrahlung (links) und Gegenstrahlung des Himmels (rechts) im atmosphärischen Fenster (8 μm bis 13 μm)

Beim Strahlungsaustausch im Freien spielt die Strahlungseigenschaft der Oberfläche eine entscheidende Rolle. Diese Eigenschaft hängt stark von der Wellenlänge der Strahlung ab. Bei Sonneneinstrahlung im kurzwelligen Bereich nimmt die Oberfläche Energie auf. Nachts oder ohne direkte Sonneneinstrahlung überwiegt die Energieabgabe eines Körpers durch die langwellige Infrarotabstrahlung infolge seiner Temperatur. Hierbei ist der thermische Emissionsgrad ausschlaggebend, der bestimmt, wie stark ein Objekt abkühlt.

Das Forschungsprojekt

Das Projekt wurde Mitte 2023 gestartet. Dazu wurden auf dem Institutsdach des FIW München zwei unbeheizte, gedämmte Rohrprüfstände (DN 100, Länge 1,2 m, Steinwolle Drahtnetzmatte 100 mm) mit einer Ummantelung aus metallisch-glänzendem Stahlblech installiert (Bild 2). Bei einem Prüfstand wurde ein ca. 20 mm breiter Luftspalt zwischen Ummantelung und Dämmstoff mittels Abstandshaltern realisiert. Für die Erfassung der relevanten Klimadaten ist auf dem Institutsdach eine Wetterstation vorhanden. Im Dämmsystem befinden sich in unterschiedlichen Ebenen Mikrosensoren zur Messung von Temperatur und relativer Luftfeuchte (Bild 3, Messzyklus 5 Minuten). Zwei Kameras dokumentieren mit Fotos eine mögliche Feuchteentwicklung auf dem Ummantelungsblech von außen und im Luftspalt von innen (alle 30 Minuten). Zur Kontrolle der Tauwasserbildung wurde bei dem gedämmten Rohrsystem mit Luftspalt im unteren Bereich anfallendes Tauwasser am Blech innen durch leichtes Schrägstellen des Rohres gesammelt und über einen Schlauch in ein Glas abgeleitet.



Bild 2: Links: Zwei gedämmte Rohrprüfstände mit und ohne Luftspalt auf dem Institutsdach
Mitte: Dämmaufbau ohne Ummantelungsblech mit Abstandshaltern für den Luftspalt
Rechts: Kontrollglas für Tauwasseranfall

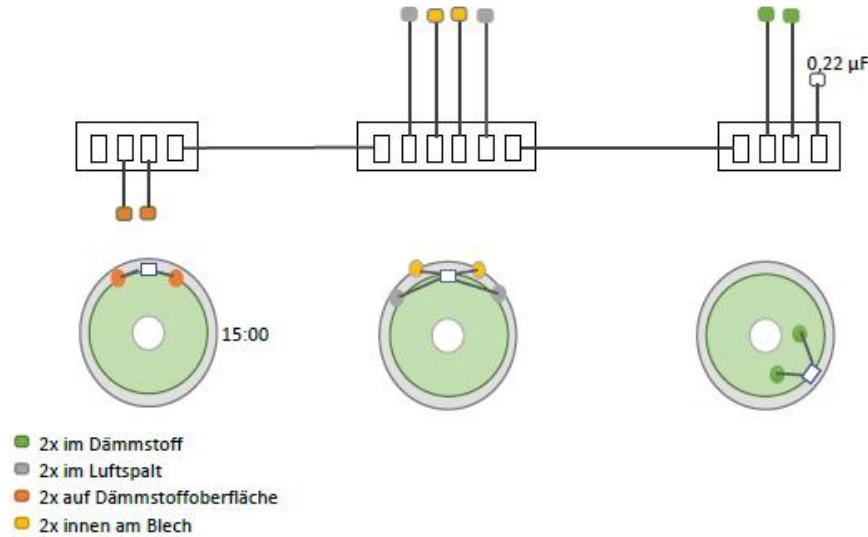


Bild 3: Positionen der Mikrosensoren im Querschnitt des Rohrdämmaufbaus, Dämmaufbau ohne Luftspalt nur mit Mikrosensoren „innen am Blech“ und „im Dämmstoff“

Zu Projektbeginn wurde ein Ummantelungsblech mit einem geringen Emissionsgrad (0,05) verwendet. Im April 2024 wurde der thermische Emissionsgrad durch einen weißen Farbanstrich deutlich auf 0,88 erhöht. Dies lässt somit auch eine höhere Strahlungsabgabe zu. Gleichzeitig erniedrigte sich durch diese Maßnahme der solare Absorptionsgrad von $\alpha = 0,38$ auf $\alpha = 0,22$. Die Auswirkungen auf die Temperatur des Ummantelungsbleches und die nächtliche Erhöhung der rel. Feuchte im Dämmsystem durch Unterkühlung zeigt Bild 4. Bei Sonnenschein am Tag verminderte sich die Übertemperatur des Bleches von + 40 K auf nur noch + 5 K und in der Nacht kam es durch die Erhöhung des thermischen Emissionsgrades zu einer stärkeren Unterkühlung von - 4 K auf - 15 K. Damit liegt nun ein gedämmtes Rohrsystem vor, dass durch die Lackierung eine maximale Energieabstrahlung zur äquivalenten Himmelstemperatur zulässt. Dies erkennt man auch durch den Anstieg der rel. Feuchte im Dämmsystem

aufgrund der nächtlichen Unterkühlung von ca. + 20 % auf + 40 % im Vergleich zur rel. Luftfeuchte der Umgebung.

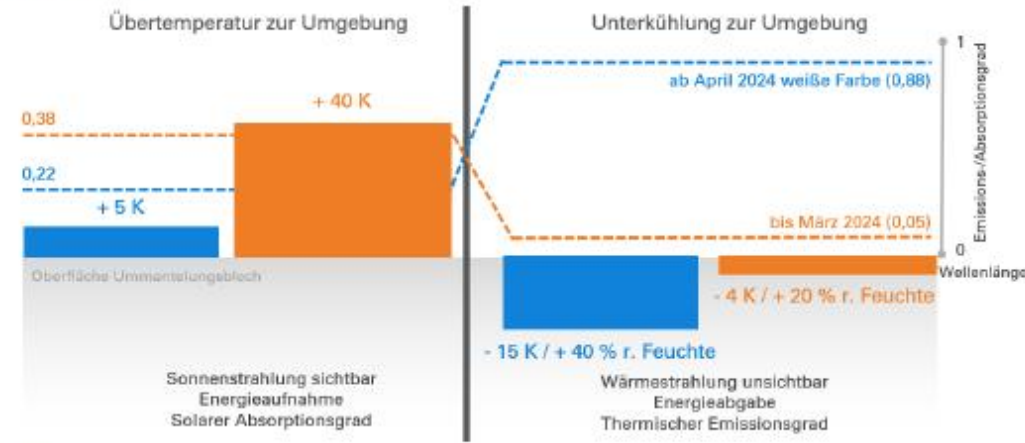


Bild 4: Auswirkung des solaren Absorptionsgrades (links) und des thermischen Emissionsgrad (rechts) auf die Oberflächentemperatur des Ummantungsbleches

Für einen erweiterten Versuchsaufbau ab Mai 2025 wurden beide Rohrsysteme durch einen Neuaufbau zusätzlich mit einer Heizung ausgestattet. Dies machte eine Deinstallation der vorhandenen Dämmung notwendig. Die Trocknung der abgebauten Dämmstoffe bis zur Massenkonzanz bei 70 °C zeigte für die bis dahin durchgeführten Versuche keine Erhöhung der Feuchtigkeit des Dämmstoffes in allen Bereichen über dessen Ausgleichsfeuchte (ca. 0,4 Masse-%) hinaus. Der intermittierende Betrieb der installierten Heizmatten soll durch den Druckausgleich von kalten und warmen Luftzonen den Luftaustausch mit der Umgebungsluft erhöhen. Die installierten Heizmatten werden intermittierend bei einer Temperatur von 100 °C betrieben (Bild 5). Die zwei Heizzyklen pro Woche sind Montag/Dienstag und Donnerstag/Freitag. Die Heizung ist am Mittwoch, Samstag und Sonntag ausgeschaltet.



Bild 5: Links: Weiß lackierte Ummantungsbleche ab April 2024
Rechts: Heizmatten auf dem Prüfrohr mit intermittierender Regelung auf 100 °C ab Mai 2025

Ergebnisse während der Messperioden

Durch die Abkühlung einer geschlossenen Luftschicht erhöht sich deren relative Luftfeuchtigkeit. Ist die Luft gesättigt fällt Feuchtigkeit in Form von Kondensat aus. Langfristige Beobachtungen der Rohrprüfstände zeigen, dass eine Unterkühlung des Dämmsystems durch unterschiedliche Effekte wie Verdunstung von Regen, Schneeelag, konvektive Energieverluste oder passive Strahlungskälte erfolgen kann. Das Ziel des Forschungsprojektes ist der Nachweis, ob durch die Abstrahlung zur Atmosphäre eine Unterkühlung im Dämmsystem stattfindet, in dessen Folge es zur Kondensatbildung kommen kann. Aus diesem Grund soll nur die passive Strahlungskälte in diesem Versuch bewertet werden. Deshalb wurden nur Kondensationsereignisse bewertet, wenn die rel. Feuchte im Dämmsystem bei $> 99\%$ und der Wolkenbedeckungsgrad bei $< 50\%$ (kein Regen oder Schnellfall) lag. Es werden zwei unterschiedliche Situationen betrachtet:

1. Das Ummantelungsblech hat eine Temperatur unterhalb des Taupunktes der Umgebung erreicht. Es bilden sich außen am Ummantelungsblech große Kondensattropfen (Bild 6 links). Dies ist für das innenliegende Dämmsystem unkritisch.
2. Das Ummantelungsblech hat eine Temperatur unterhalb des Taupunktes des Luftspaltes im Dämmsystem erreicht. Es bildet sich eine dünne Kondensatschicht mit sehr kleinen Tröpfchen auf der Innenseite des Bleches (Bild 6 rechts). Hier könnte Feuchtigkeit in den Dämmstoff eindringen.

Beide Ereignisse erreichen bisher immer nach ca. 4 Stunden eine Trocknungsphase, sodass die entstandene Feuchtigkeit auf den Oberflächen der Bleche wieder verschwindet.

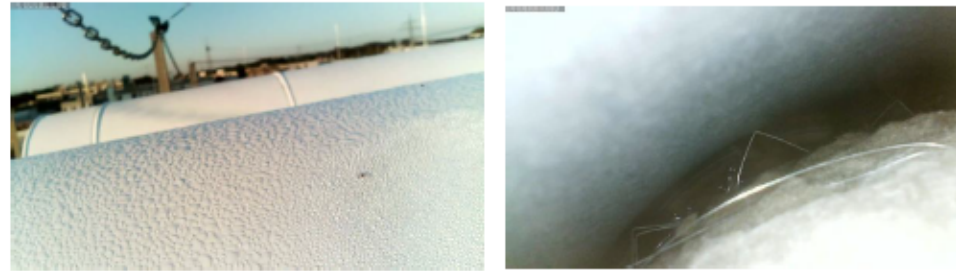


Bild 6: Links: Kondensattropfen am äußeren Ummantelungsblech (Kamera außen)
Rechts: Dünne Kondensatschicht auf der Innenseite des Ummantelungsbleches (Kamera im Luftspalt)

Zur vergleichenden Gegenüberstellung des Kondensationsrisikos der gedämmten Rohrsysteme wurde für die Jahre 2023, 2024 und 2025 der Auswertzeitraum 22. Juli bis 15. September (Tabelle 1a) sowie die Wintermonate November, Dezember, Januar und Februar (Tabelle 1b) gewählt. In den Tabellen sind wichtige mittlere Klimaparameter der Wetterstation auf dem Institutsdach für die jeweiligen Perioden aufgeführt. Es zeigt sich, dass es bei einer Auswertung zu einer Überlagerung der Klimaänderungen der betrachteten Jahre und den Auswirkungen an den Rohrsystemen durch die vorgenommenen Änderungen (Lackierung Ummantelungsblech, Installation einer Heizung) kommt. Die Wetterdaten zeigen von 2023 bis 2025 ein leicht zunehmendes Tauwasserrisiko. Dies lässt sich anhand der höheren mittleren relativen Luftfeuchten sowie der niedrigeren mittleren Lufttemperaturen innerhalb der betrachteten Auswertzeiträume erkennen. Ebenfalls wurden durch die Veränderungen an den Rohrdämmsystem die Testbedingungen verändert um die Neigung zur Tauwasserbildung zu erhöhen.

Tabelle 1a: Charakterisierung der Mikroklimata für 22. Juli bis 15. September der Jahre 2023, 2024 und 2025 auf dem Institutsdach

Klimaparameter (Rohrsystem)	2023 (metallisch- glänzendes Stahlblech)	2024 (weißer Lack)	2025 (weißer Lack, Heizung)
Mittlere Lufttemperatur	21,4 °C	21,9 °C	18,9 °C
Mittlere relative Luftfeuchte	62,5 % rel. Feuchte	64,5 % rel. Feuchte	68,6 % rel. Feuchte
Mittlerer Abstand der Lufttemperatur zur Taupunkttemperatur (je kleiner desto höheres Tauwasserrisiko)	8,4 K	7,7 K	6,5 K

Tabelle 1b: Charakterisierung der Mikroklimata der Wintermonate Nov/Dez/Jan/Feb der Jahre 2023/2024, 2024/2025 und 2025/2026 auf dem Institutsdach

Klimaparameter (Rohrsystem)	2023/2024 (metallisch- glänzendes Stahlblech)	2024/2025 (weißer Lack)	2025/2026 (weißer Lack, Heizung)
Mittlere Lufttemperatur	6,2 °C	5,0 °C	5,0 °C
Mittlere relative Luftfeuchte	71 % rel. Feuchte	70 % rel. Feuchte	72 % rel. Feuchte
Mittlerer Abstand der Lufttemperatur zur Taupunkttemperatur (je kleiner desto höheres Tauwasserrisiko)	5,2 K	5,2 K	4,9 K

In den Tabellen 2a/2b wird die in den Auswertzeiträumen der Jahre 2023, 2024 und 2025 ermittelte Feuchtigkeitsentwicklung in den Dämmsystemen sowie der Anteil der Taupunktunterschreitungen zur Umgebung und im Luftspalt dargestellt. Die Tabellenwerte links beziehen sich auf den Rohrprüfstand mit Luftspalt und rechts entsprechend ohne Spalt. Tabelle 3 zeigt einen vergleichenden Überblick der Feuchtigkeitsentwicklung in den Rohrdämmsystemen für die Sommermonate 2023, 2024 und 2025 sowie für die Wintermonate 2023/2024, 2024/2025 und 2025/2026.

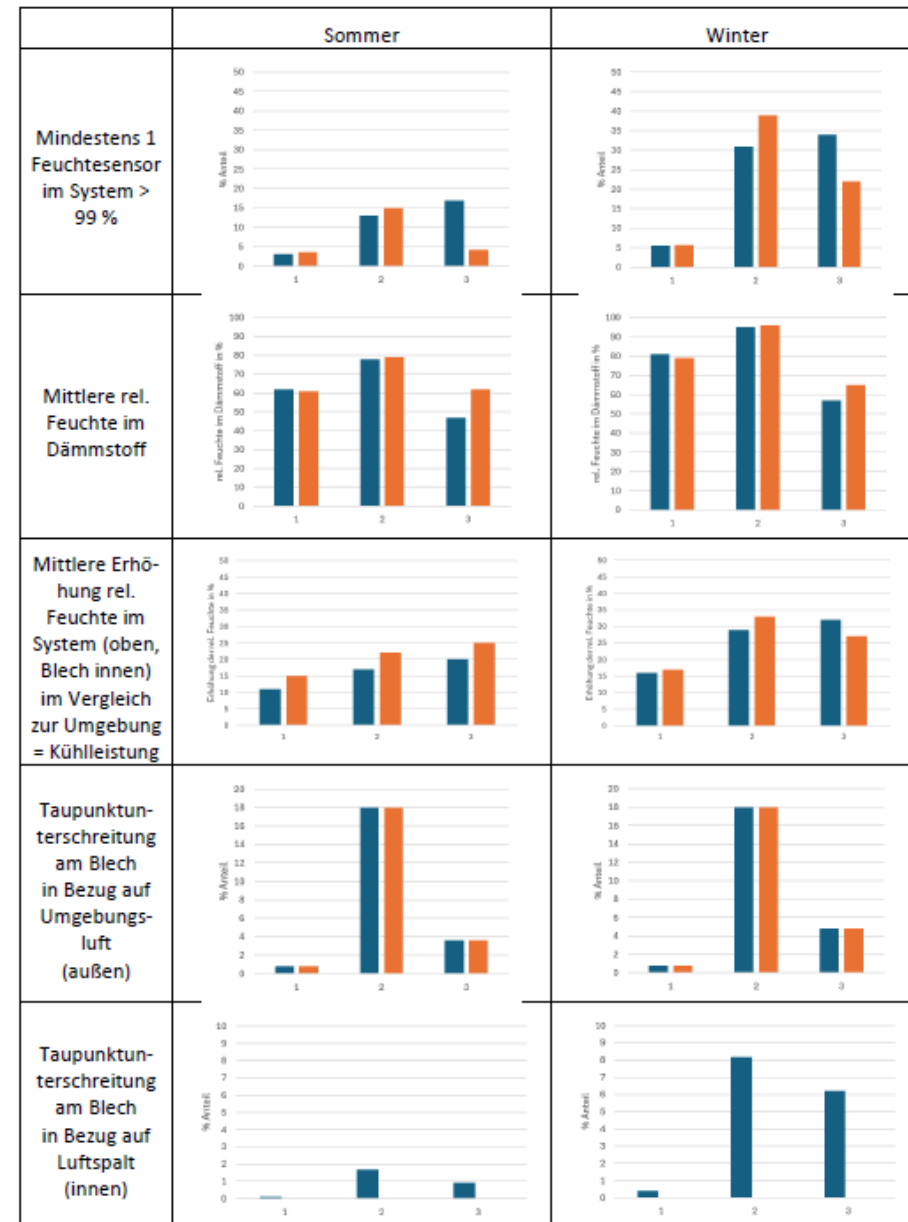
Tabelle 2a: Feuchtigkeitsentwicklung und Taupunktunterschreitungen für die gedämmten Rohrsysteme im Auswertezeitraum 22. Juli bis 15. September für die Jahre 2023, 2024 und 2025 (Tabellenwerte mit Spalt / ohne Spalt).

Auswertezeitraum 22.07 bis 15.09	Mindestens 1 Feuchte- sensor im System > 99 %	Mittlere rel. Feuchte im Dämmstoff	Mittlere Erhöhung rel. Feuchte im System (oben, Blech innen) im Vergleich zur Umgebung	Taupunktunterschreitung am Blech, in Bezug auf	
				Umgebungsluft (außen)	Luftspalt (innen)
2023 (metallisch-glänzendes Blech)	3,2 % / 3,7 %	62 % / 61 % rel. Feuchte	+11 % / +15 % rel. Feuchte	0,8 % / 0,8 %	0,1 % / -
2024 (weißer Lack)	13 % / 15 %	78 % / 79 % rel. Feuchte	+17 % / +22 % rel. Feuchte	18 % / 18 %	1,7 % / -
2025 (weißer Lack, Heizung)	17 % / 4,3 %	47 % / 62 % rel. Feuchte	+20 % / +25 % rel. Feuchte	3,6 % / 3,6 %	0,9 % / -
Erklärung der Tabellenwerte	wie oft in % im Auswertezeit- raum	rel. Feuchte in %	Kühlleistung, Erhöhung der rel. Feuchte	wie oft in % im Auswerte- zeitraum	wie oft in % im Auswerte- zeitraum

Tabelle 2b: Feuchtigkeitsentwicklung und Taupunktunterschreitungen für die gedämmten Rohrsysteme im Auswertezeitraum der Wintermonate Nov/Dez/Jan/Feb für 2023/2024, 2024/2025 und 2025/2026 (Tabellenwerte mit Spalt / ohne Spalt).

Auswertezeitraum Wintermonate Nov/Dez/Jan/Feb	Mindestens 1 Feuchte- sensor im System > 99 %	Mittlere rel. Feuchte im Dämmstoff	Mittlere Erhöhung rel. Feuchte im System (oben, Blech innen) im Vergleich zur Umgebung	Taupunktunterschreitung am Blech, in Bezug auf	
				Umgebungsluft (außen)	Luftspalt (innen)
2023/2024 (metallisch-glänzendes Blech)	5,6 % / 5,8 %	81 % / 79 % rel. Feuchte	16 % / 17 % rel. Feuchte	0,8 % / 0,8 %	0,4 % / -
2024/2025 (weißer Lack)	31 % / 39 %	95 % / 96 % rel. Feuchte	29 % / 33 % rel. Feuchte	18 % / 18 %	8,2 % / -
2025/2026 (weißer Lack, Heizung)	34 % / 22 %	57 % / 65 % rel. Feuchte	32 % / 27 % rel. Feuchte	4,8 % / 4,8 %	6,2 % / -
Erklärung der Tabellenwerte	wie oft in % im Auswerte- zeitraum	rel. Feuchte in %	Kühlleistung, Erhöhung der rel. Feuchte	wie oft in % im Auswerte- zeitraum	wie oft in % im Auswerte- zeitraum

Tabelle 3: Vergleich der Feuchtigkeitsentwicklung zwischen Sommer- und Wintermonate



1 metallisch-glänzendes Blech: Sommer 2023, Winter 2023/2024

2 weißer Lack: Sommer 2024, Winter 2024/2025

3 weißer Lack, Heizung: Sommer 2025, Winter 2025/2026

Rohrdämmsystem mit Luftspalt

Rohrdämmsystem ohne Luftspalt

Im Jahr 2023 ist der Einfluss der Strahlungskälte durch den niedrigen thermischen Emissionsgrad der Ummantelungsbleche sehr gering. Die Mikrosensoren zeigen nur selten Werte $> 99\%$ relative Feuchte, entsprechend kommt es auch nur gelegentlich zu Taupunktunterschreitungen ($< 1\%$).

Die weiße Lackierung des Bleches im Jahre 2024 erhöht die Ereignisse mit Taupunktunterschreitungen deutlich.

Nach dem Umbau im Jahre 2025 mit intermittierenden Heizungen zeigt sich eine Reduzierung des Risikos der Unterschreitung des Taupunktes im Dämmsystem. Es konnte aber ein typisches, sich wiederholendes Verhalten festgestellt werden. Es entsteht immer beim Einschalten der Heizungen ein „Einschaltpeak“. Die warme, feuchte Luft aus den inneren warmen Zonen des Dämmsystems steigt im Rohrsystem nach oben und kondensiert innen am kälteren Blech, die relative Feuchtigkeit an der Innenseite der Ummantelungsbleche erhöht sich damit schnell bis 100% . Die im Luftspalt installierte Kamera zeigt eine deutliche Kondensatschicht. Bei dem Rohrsystem mit Luftspalt führen diese konvektiven Luftbewegungen zu wesentlich längeren Einschaltpeaks (bis 6 Stunden), durch den erleichterten Austausch mit der Umgebung sinkt die relative Feuchte aber anschließend wieder schnell ab. Das Dämmsystem ohne Luftspalt hat einen geringere Einschaltpeak (ca. 1 Stunde), hält aber die durch die Erwärmung freigewordene Feuchte länger im System. Die mittlere relative Feuchte im Dämmstoff ist hier mit 62% (Sommer) / 65% (Winter) im Vergleich zum Rohrprüfstand mit Spalt von 47% (Sommer) / 57% (Winter) deutlich erhöht.

Die Auswertungen der Wintermonate zeigen im Vergleich zu den Sommermonaten deutlich erhöhte relative Feuchtigkeiten im Dämmstoff. Ebenfalls nimmt das Risiko der Taupunktunterschreitungen im Luftspalt zu.

Abbau der Rohrdämmsysteme

Am 09.04.2026 ab 09:30 wurde während einer Heizperiode beide Rohrdämmsysteme abgebaut. In der vorangegangenen Nacht um 00:00 wurde die Heizung eingeschaltet. Die warme, feuchte Luft kann in den Rohrsystemen nach oben steigen und am Blech innen kondensieren. Beim Rohrdämmsystem mit Luftspalt und dadurch erhöhten Luftaustausch, kann die feuchte Luft entweichen. Beim geschlossenen System ist der Luftaustausch zeitlich verzögert. Beim Öffnen finden sich hier an der Oberfläche der Dämmung und am Blech innen Wassertropfen und eine teilweise Verklebung von Mineralwolle mit dem Blech. Die vorgefundene Ausbausituation stellt nur ein kleines Zeitfenster der gesamten Messperiode dar.

Rohrdämmsystem mit Luftspalt

Das geöffnete Rohrdämmsystem mit Luftspalt zeigt Bild 7. Es sind leichte, weiße Ablagerungen am Blech unten am Kondensatablauf (schwarze Loch) erkennbar. Der Dämmstoff ist etwas mit der Heizung verklebt und im Bereich der Heizung bräunlich verfärbt. Durch den Luftspalt waren keine Verklebung des Dämmstoffes mit dem Ummantelungsblech sichtbar. Durch den höheren Luftaustausch im Vergleich mit dem Rohdämmsystem ohne Luftspalt sind keine Wassertropfen an den Blechen und an der Oberfläche der Dämmstoffe sichtbar. Das äußere verzinkte Drahtgeflecht hat sich teilweise weiß verfärbt.



Bild 7: Geöffnetes Rohrdämmsystem mit Luftspalt.

Rohrdämmsystem ohne Luftspalt

Das geöffnete Rohrdämmsystem ohne Luftspalt zeigt Bild 8. Es sind deutliche Wassertropfen an den Stirnblechen sowie an der inneren Blechummantelung erkennbar. Das äußere verzinkte Drahtgeflecht zeigt deutliche weiße Ausblühungen. Der Dämmstoff ist mit der Heizung und mit der Blechummantelung stark verklebt und etwas bräunlich im Bereich der Heizung verfärbt.



Bild 8: Geöffnetes Rohrdämmsystem ohne Luftspalt.

Alle Dämmplatten wurden anschließend im Klimaschrank bis zur Massekonstanz bei 70 °C rückgetrocknet. Die sich ergebenden Masse-% an Feuchtigkeit im Dämmstoff sind in der Tabelle 4 zusammengestellt. Es ist kein wesentlicher Unterschied zwischen dem Dämmbau mit und ohne Luftspalt erkennbar.

Tabelle 4: Feuchtigkeit des Dämmstoffes in Masse-% nach Rücktrocknung bei 70 °C

Masse-%	Rohrdämmsystem mit Luftspalt	Rohrdämmsystem ohne Luftspalt
Dämmstoff oben	0,1	0,1
Dämmstoff unten	4,1	4,7

Die Kontrolle des Abtropfglases beim Rohrdämmsystem mit Luftspalt zeigte nur einmal 1 Wassertropfen während einer Heizphase am 17.02.2026 10:30. Bei allen anderen Kontrollgängen war das Glas trocken. Die Stichproben wurden ca. alle 3 Monate durchgeführt.

Zusammenfassung und Ausblick

Der Feuchtegehalt in Bezug auf die passive Strahlungskühlung in den gedämmten Rohrsystemen wird sich immer an dem Zustand der Außenluft orientieren. Bei dem Dämmsystem mit Luftspalt und Entwässerungs- bzw. Belüftungsbohrungen folgt das Klima im System durch den guten Luftaustausch sehr schnell den Außenbedingungen. Bei dem Rohrsystem ohne Luftspalt ist hier eine deutliche Verzögerung und Dämpfung sichtbar. Für einen deutlichen Kondensatanfall in den Dämmsystemen ist ein ausreichender Nachschub an Feuchtigkeit durch einströmende Luft nötig. Dieser ist bei dem Rohrdämmsystem mit und erst recht ohne Luftspalt sehr eingeschränkt. Somit kann keine kritische Menge an Kondensat auf der Innenseite der Ummantelungsbleche entstehen, deren Tropfen dann eine Größe erreichen, die am Blech abrollen und dann über die Entwässerungsbohrungen das Dämmsystem verlassen könnten.

Die Untersuchungen zeigten bisher, dass weder der belüftete noch der unbelüftete Dämmaufbau durchfeuchtet. Regelmäßige Trockenphasen sorgen dafür, dass eingetragene Feuchtigkeit zuverlässig verdunsten kann. Diese Erkenntnis wird vor allem durch die Betrachtung extremer Randbedingungen gestützt:

- Taupunktkritischer Betrieb durch unbeheizte Rohre
- Stärkere Unterkühlung durch Strahlungskälte bei Erhöhung des thermischen Emissionsgrades
- Verstärkter Luftaustausch mit der Umgebung durch die Inbetriebnahme einer intermittierenden Heizung

Abschließend soll darauf hingewiesen werden, dass prinzipiell ein Luftspalt mit Ablauföffnungen im Ummantelungsblech die Sicherheit erhöhen kann, gedämmte Rohrleitungen im Außenbereich über eine längere Nutzungsdauer trocken zu halten ohne den Ursprung einer möglichen Feuchte zu kennen. Die vorgestellten Ergebnisse stehen auch nicht im Zusammenhang mit der Beurteilung der Notwendigkeit eines Korrosionsschutzes.

In beiden Systemen wurde bei ungünstigen Randbedingungen Kondensat indirekt durch Verkrustungen am Bech oder direkt mittels Tropfen nachgewiesen. Es konnte aber keine Anreicherung der Feuchte über einen längeren Zeitraum im Dämmsystem festgestellt werden. Bei der Rücktrocknung nach den Heizungsperioden am Ende der Messperiode waren beide Systeme gleich feucht.

Damit kann der in der aktuellen DIN 4140 /1/ geforderte Luftspalt bei warmgehenden Rohrleitungen im Freien durch das zuständige Expertengremium bei einer Überarbeitung der Norm neu bewertet werden.

Gräfelfing, den 23.08.2026

R. Schreiner



Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München
Lochhamer Schlag 4, D – 82166 Gräfelfing