



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17



Klimastabilisierende Maßnahmen für das Intern. Maritime Museum Hamburg

Schlussbericht



Inhalt

1. Zusammenfassung für den eiligen Leser	3
2. Vorweg	8
Grundsätzliche Aussagen zur Schadensprävention und konservatorischen Raumklimagrenzen	8
Konservatorische Grundlagen und Vorgaben für ein optimales Museumsklima	9
Schäden durch Kurzeitschwankungen	9
Richtwerte für ein „alltagstaugliches“ Raumklima	9
Raumklimatisierung	10
Lüftung	11
3. Aufgabenstellung	11
4. Umsetzung des Maßnahmenkataloges	15
5. Wesentliche Ergebnisse	56



1. Zusammenfassung für den eiligen Leser

Die Problemstellung im Maritimen Museum in Hamburg ist klar definiert und ist eine übliche Problematik in vielen Museen:

Schädigendes Raumklima für Exponate, zu trockene Winterwerte, im Sommer zu warm und stickig in den Schauräumen, negative Immissionen durch Staub und Abgase von außen. Wenig oder keine vorbeugende Konservierung für die Artefakte.

Aufgrund einer bauphysikalischen Fehlüberlegung für dieses Museum sollte es zur Abfuhr möglicher Feuchtigkeit in den Schauräumen eine undichte Hülle geben. Diese Undichtheiten wurden vorzugsweise über Fensterfugen der historischen, metallenen Fenster erreicht, die von sich aus sehr undicht sind.

Diese Planungsvorgabe ist aus 2 Gründen unakzeptabel und falsch:

1. Es wird durch eine undichte Hülle an trockenen Wintertagen durch Infiltration von außen zu noch trockeneren Raumklimaverhältnissen kommen, als dies schon der Fall ist.
2. Externe anthropogene Einflussfaktoren können durch undichte Fensterfugen in die Schauräume eintreten und die Exponate schädigen. Verständlich ausgedrückt, heißt dies, dass nicht nur Staub und Abgase von außen die Schauräume belasten können, sondern das heißt konkret, dass insbesondere die Emissionen der Schiffe, die stark schwefelhaltig sind, die Schauräume und Exponate belasten können. Diese Gefahr ist deswegen besonders virulent, da in Sichtweite und Hauptwindrichtung eine Anlegestelle für Kreuzfahrtschiffe besteht und erweitert wird.

Um in musealen Schauräumen einerseits negative Umweltbelastungen zu reduzieren und die in Museen ohne Befeuchtung und Lüftung auftretende winterliche Trockenheit nicht noch zu verstärken, muss die Hülle eines jeden Museums – (auch jener Museen, die mechanisch gelüftet und befeuchtet werden) – möglichst dicht sein. Ferner müssen Schleusen eingerichtet werden, die verhindern, dass trockene Winterluft von außen direkt in Museumsräume eintritt und Exponate schädigt. Verschärft wird dieses physikalische Phänomen noch dadurch, dass kalte Winterluft beim Eintritt in Räume erwärmt wird. Damit sinkt die relative Feuchte im Raum noch mehr.

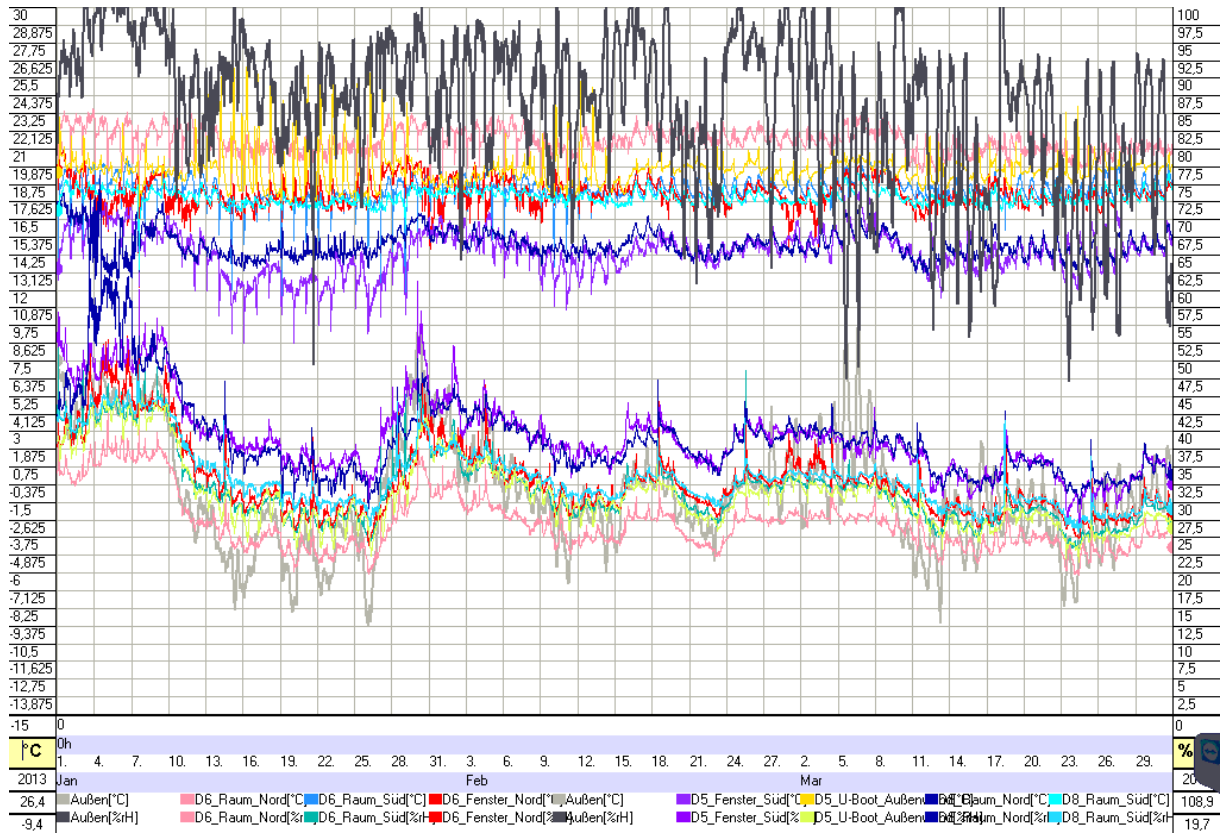
Wichtig in diesem Zusammenhang ist nur, dass strikt im Museum darauf geachtet wird, dass in ALLEN Schauräumen im Winter die Raumtemperatur bei 20°C und weniger gehalten wird, um den Nachbefeuchtungsbedarf zu reduzieren. Dieses sollte mit Raumthermostaten und entsprechender Regelung einfach zu kontrollieren sein.

Um anthropogene Schadstoffe von außen ebenso abzuhalten wie die trockene Winterluft wurden alle 126 Fenster und 88 Windentore des Kaiserspeichers vereinbarungsgemäß ordnungsgemäß abgedichtet.

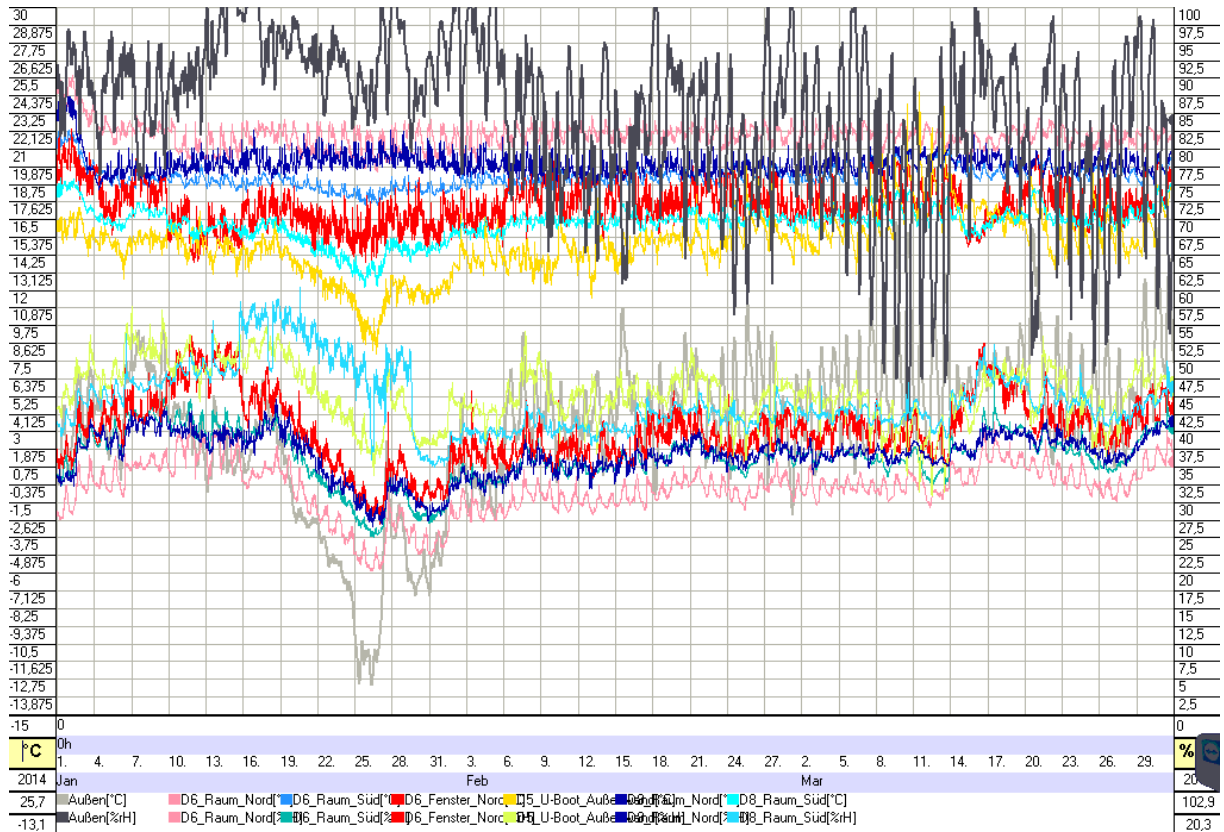
Die folgenden beiden Klimakurven aus dem Jahre 2013, dem Beginn der Forschungsarbeit und dem Jahre 2014, vor der Einführung zusätzlicher Kaltverdunster in den Ebenen 5 und 6 im Jahre 2015, zeigen den deutlichen Anstieg der relativen Feuchte im Winter in den Schauräumen, die natürlich auch dem Fakt geschuldet ist, dass der Sanierungsberater darauf gedrängt hat, die winterlichen Raumtemperaturen auf vernünftige Werte von 27°C auf 20°C zu reduzieren, nicht nur, um Energie zu sparen, sondern um die relative Feuchte in den Schauräumen durch Raumtemperatursenkung und Abdichtungsmaßnahmen wieder etwas zu heben.



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17



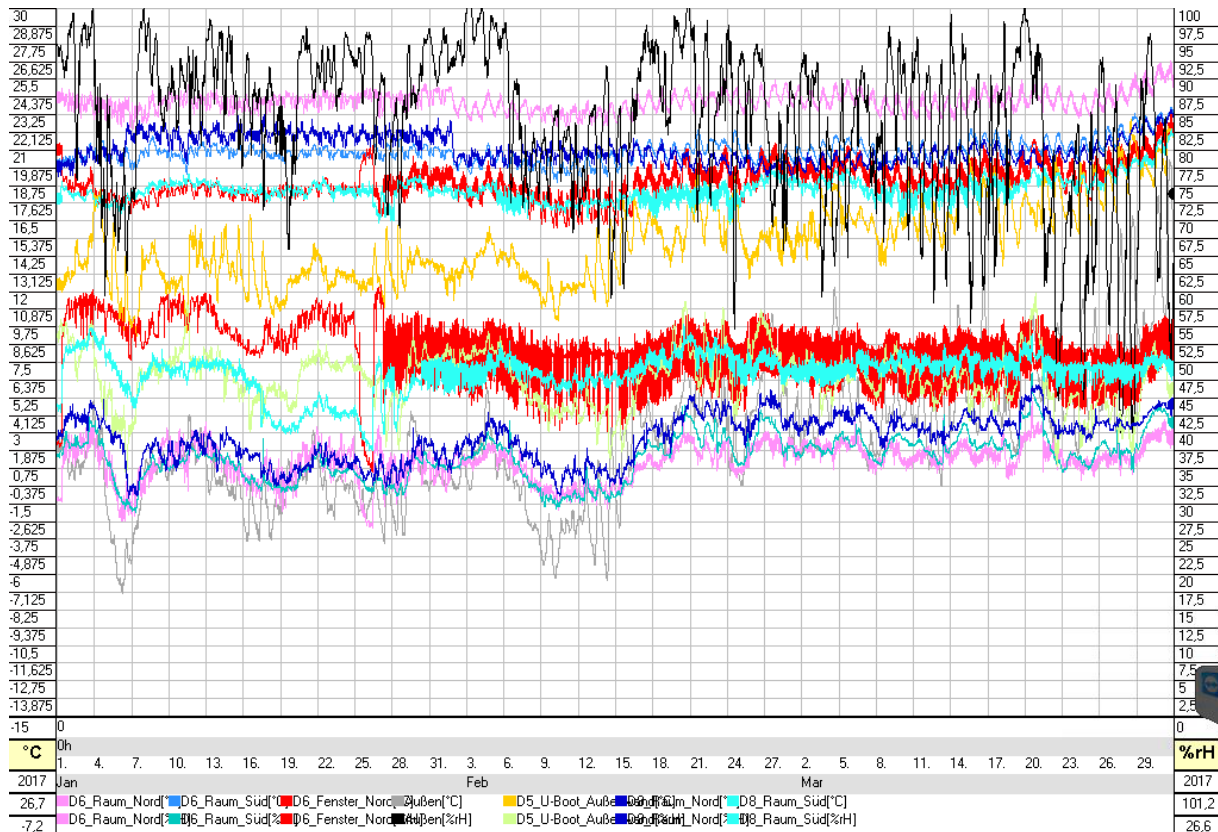
Raumklimadaten von Jan., Feb., März aus dem Jahre 2013



Raumklimadaten von Jan., Feb., März aus dem Jahre 2014



Messdaten am Ende der durch die DBU geförderten Arbeiten im Jahre 2017 zeigen eindeutig, dass die winterliche Trockenheit in den Schauräumen, die früher teilweise unter den Werten für die Raumtemperaturen, also im Bereich von ca. 20-22% r.F. lagen, durch Abdichten, Senken der Raumtemperaturen und Einsatz von dezentralen Kaltverdunstern jetzt in einem sehr vernünftigen Feuchteband, sich nur langsam verändernd, - zumindest bis Mitte Februar 2017 - oszillieren.



Raumklimadaten von Jan., Feb., März aus dem Jahre 2017

Trotz dieser positiven Grundsatzaussage muss noch ein kritisches Wort zu den dezentralen Kaltverdunstern gesagt werden.

Wie die ausführliche Analyse der Klimadaten nach Einsatz der Kaltverdunster in der Folge zeigen, haben die relativen Feuchtwerte in den Schauräumen, ausgelöst durch die Kaltverdunster, sehr häufige und sehr starke Zacken von ca. 10% r.F., die Kontraproduktiv zur vorbeugenden Konservierung sind und die Exponate stark schädigen können. Obwohl die Raummassen des Museums durch seinen historischen Backsteinbau in Verbindung mit viel Holz zusammen mit den Einrichtungen prädestiniert sind, extrem feuchteausgleichend zu reagieren, so schlägt dennoch die Schaltfrequenz der Befeuchter höchst unangenehm auf das Raumklima durch, was durch eigene Analyse der Klimakurven hätte erkannt werden müssen. Diese Regelzacken ermüden Exponate, da das laufende Schrumpfen und Quellen Substanz und Fassungen schädigen.

Grund für diese starken Feuchtezacken könnte sein, dass entweder die Befeuchter für die Raumvolumina zu groß gewählt wurden oder dass die Befeuchter zu spät aktiviert werden, so dass sich keine ausreichende Ausgleichsfeuchte mit der Umgebung einstellen kann. Am geräteinternen Regler schein das Problem nicht zu liegen, denn er schaltet gemäß seiner Einstellungen. Die Ursachen für diesen Missstand werden geprüft und schnellstmöglich beseitigt.



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17

Zweites Problem im Museum neben der winterlichen Trockenheit war mitunter große sommerliche Hitze und drückende Raumklimaverhältnisse in den oberen Geschossen, trotz der eingebauten und auch aktivierten Kühlkörper in Form der Radiatorenstrahlplatten, die zu Heiz- und Kühlzwecken an den Decken montiert sind.

Die grundsätzliche Empfehlung des Museumsberaters gegen diese Wärmeakkumulation bestand in 3 wesentlichen Maßnahmen:

1. Reduktion der internen Lasten, z.B. durch ‚warmes‘ Licht.
2. Applizierung von außenliegenden Beschattungssystemen
3. Einführung einer sommerlichen Nachtlüftung, gesteuert über eine ‚Klimaampel‘, die die absolute Feuchte und die Temperaturen innen und außen vergleicht.

Ad 1: Erfreulicherweise wurde durch eigene Initiativen des Museums, außerhalb der Fördermaßnahmen durch die DBU, an den 2074 Leuchten ein Leuchtmitteltausch von Halogenleuchten zu LED Lampen durchgeführt, der nicht nur ca. 64 kW an thermischer Energie durch den Birnentausch einspart, sondern auch rund 200.000 kWh an Strom, – wohlgermerkt, bei gleicher Lichtqualität.

Ad 2: Die Einführung der empfohlenen Streckmetallgittern als einfache, höchst wirksame und sehr kostengünstige Form einer außen liegenden Beschattung in den ‚Kastenfenstern‘ wurde geplant und bemustert, auch gegenüber dem Denkmalamt. Streckmetall als Beschattung in Fenstern bietet mehrere Vorteile, wie, dass das Material große Masse bietet und kostengünstig ist. Durch richtige Drehung der Lamellen wird die hoch stehende Sommersonne nach außen reflektiert und die wärmende, tief stehende Wintersonne über die Fenster in den Raum geleitet. Zwar wurde im Rahmen der Sanierung auf die innen vorgeschätzten Nurglasflügel, die bei der Fensterdichtaktion zusätzliche Dichtlippen erhielten, auf die nach außen in den Fensterkasten zeigende Glasseite eine (höchst wichtige) Sonnenschutzfolie, nicht nur gegen die Wärmestrahlen, sondern auch gegen das, die Exponate stark schädigende UV-Licht aufgebracht. Doch diese Folie liegt leider auf der falschen Ebene, da durch diese Maßnahme die Innenscheibe des ‚Kastenfensters‘ ähnlich wie ein Heizkörper sehr warm wird und damit im Sommer zusätzliche Wärme in die Schauräume einbringt.

Die empfohlene Montage der Streckmetallbeschattung wurde im Jahre 2017 abgeschlossen. Die notwendige und vorgeschlagene regensichere, sommerlichen Spaltöffnung der äußeren Flügel noch nicht ausgeführt. Mit diesem Fensterspalt beim äußeren Flügel kann die, durch die Beschattung generierte Wärme (Glashauseffekt) wieder nach außen ablüften und erwärmt NICHT die innere Scheibe.

Daher muß unbedingt diese Spaltlüftung, die selbstverständlich im Winter wieder geschlossen werden muß, um die durch die 2. Glasebene gewonnene thermische Qualität des ‚Kastenfenster‘ zu nutzen, noch ausgeführt werden.

Wichtig in diesem Zusammenhang ist noch ein wichtiger, ästhetischer und denkmalschützerischer Aspekt: Das Streckmetall kann von außen nicht gesehen werden, da die davor liegenden, historische Glasebene durch ihre Spiegelung von außen ein Erkennen der Streckmetallbeschattung unmöglich macht. Außerdem ermöglicht diese einfache Form der Beschattung mit dem perforierten Streckmetallblech die Durchsicht von innen nach außen.

Ad 3: Obwohl im Forschungszeitraum weder die hinterlüftete Beschattung noch nicht abgeschlossen wurde, noch die vorgeschlagene 2. Nachtlüftungsvariante zwar eingebaut, aber regeltechnisch noch nicht umprogrammiert wurde, so zeigen doch die Raumklimadaten im Vergleich zwischen Sommertemperaturen aus dem Jahre 2013 im Vergleich mit Sommertemperaturen aus dem Jahre 2016 und 2017 (2017 war ein kühler, regenreicher Sommer!) – vgl. später im Bericht-, dass die Raumtemperaturen im ganzen Museum zwischen 22 und 26°C langsam pendelten und sich die Stauwärme in den Obergeschossen vermindert hat.

Wenn alle Südfenster, wie geplant, mit Beschattung auch die Spaltlüftung erhalten und die 2. Variante der empfohlenen mechanischen Lüftung gem. Planervorgaben durch Absolutfeuchte- und



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17

Temperaturvergleich innen und außen aktiviert wird, sollten diese guten sommerlichen Raumklimawerte weiterhin ohne größeren technischen Aufwand eingehalten werden können.

Wichtig in diesem Zusammenhang ist nur, dass strikt im Museum darauf geachtet wird, dass in ALLEN Schauräumen im Winter die Raumtemperaturen bei 20°C und weniger gehalten werden, ohne den Komfort der Besucher zu beeinträchtigen, um die relative Feuchte zu heben und den Nachbefeuchtungsbedarf zu reduzieren. Diese wichtige Temperaturgrenze sollte mit Raumthermostaten und entsprechender Regelung einfach zu kontrollieren sein. Ferner müssen verantwortliche Restauratoren immer diese Vorgaben prüfen und ggf. korrigieren, da sich bekanntermaßen bei Regelungen immer wieder Fehler einschleichen, die große Schäden anrichten können. Leider sieht man Schäden an Kunstwerken selten sofort, sondern sie stellen sich immer schleichend ein, so dass es nie direkte, aktive Temperaturbeeinflussungen aufgrund von vorgefallenen Schäden geben kann. Dies ist auch der Grund, warum der Autor ein Prognosemodul für die zukünftige, schädigende Entwicklung des Raumklimas in einem Schauraum entwickelt hat, um tendenziellen Fehlentwicklungen im Raumklima vor Eintreten der Schäden, entgegenwirken kann.

Nachdem die vorgeschlagene, erste schadenspräventive sommerliche Nachtlüftung, die leider nicht für das gesamte Haus aktiviert werden konnte, da sich der Bauherr aufgrund zu hoher Kosten und zu hoher Komplexität gegen die ‚große Variante‘ ausgesprochen hat, nicht realisiert wird, wurde als kleine Lüftungsvariante über die Bestandslüftungsanlage 1 im KG geplant, dass im Sommer, wenn es nachts draußen kühler ist als im Hause, über die Lüftungsanlage 1 und das Foyer die Ebenen 0-4 mit gefilterter Außenluft ‚aufgeblasen‘ und für kommende, heiße Tage vorgekühlt werden. Nachträglich eingebaute Kohlefilter scheiden Schwefel, Staub und andere Schadstoffe aus und halten damit mögliche, schädigenden Kontaminationen von den Exponaten in den Schauräumen fern.

Apropos ‚sommerliche Nachtlüftung‘:

Laut Aussagen der Betreiber werden an heißen Sommertagen über motorische Öffner Fenster in den Windentoren morgens, wenn die Außenluft noch frisch ist, geöffnet, um abgestandene Luft abzulüften und das Museum leicht vorzukühlen, nachdem der Restaurator um Zustimmung gefragt wird. Diese Vorgangsweise sollte mit der geplanten, ersten, großen Lüftungsvariante überwunden werden, um genau 2 Mängel zu vermeiden.

1. Ein Mensch hat keinen Sensoren für Feuchte – auch nicht der Restaurator im Hause. Daher birgt eine Entscheidung für mögliches Fensteröffnen ohne Vergleich der absoluten Feuchte innen und außen großes Schadenspotential, wenn man sich von außen schädigendes Klima in die Schauräume holt. Auch kann es passieren, dass es bei zu kühler Außenluft zu Kondensatschäden an Exponaten und Raumschale kommen kann. Diese möglichen Gefahren und Schäden können mit einem sehr intelligenten und billigen Klimamessgerät der Fa. TFA Dostmann, ‚bel air‘-Gerät mit Funk-Außenfühler ausgeschlossen werden, denn dieses Gerät misst die kritischen Werte innen und außen und zeigt an, wann gefahrlos gelüftet werden kann. Aus diesem Grunde wird empfohlen, dieses Gerät anzuschaffen und mögliches Fensteröffnen zur Vorkühlung und Luftaustausch dann durchzuführen, wenn man sich keine schädigenden Klimaverhältnisse in die Schauräume holt. Diese ‚Klimaampel‘ im Haustechnikbüro neben dem Tableau mit den Fensteröffnern würde Klarheit und Sicherheit bringen und mögliche Schäden vermeiden.



2. Das Öffnen der Fenster würde wiederum Staub und Abgase in die Schauräume lassen, was man durch die kontrollierte Lüftung mit Filterung vermeiden wollte. Dazu ist noch zu ergänzen, dass diese nächtliche Vorkühlung wegen wirklich drückend heißer Sommertage sicher nicht so häufig passiert, als dass man sie nicht doch dulden könnte.

2. Vorweg

Grundsätzliche Aussagen zur Schadensprävention und konservatorischen Raumklimagrenzen

Durch die übliche „technoide“ Haustechnik- und Klimatechnikplanung im Museumsbereich werden – wie die Erfahrung leider immer wieder zeigt – durch falsche konzeptionelle Planung sehr oft Kunstgegenstände, die lange Jahrhunderte ohne Belastungen durch Haustechnik überlebt haben, in kürzester Zeit zerstört oder zumindest empfindlich beschädigt, so dass nur mit höchstem restauratorischem Aufwand die Authentizität der Objekte gewahrt werden kann. Dies ist auch der Grund, warum z. B. die britische Museums & Galleries Commission von Klimatisierungen im Museumsbereich dringend abrät. Insofern ist das haustechnische Konzept im Maritimen Museum vom Ansatz her sehr sinnvoll!

In den seltensten Fällen jedoch wird aus diesen Vorgängen gelernt bzw. werden die Konsequenzen gezogen. Auch finden selten neueste internationale Forschungsergebnisse zur Schadensprävention wie beispielsweise die EU Forschungen Nr. 1383 „Prevent“- Preventive Conservation, ‚smooth‘ oder ‚climate for culture‘, in der der Autor in führender Position engagiert war, in neueren Museumskonzepten Eingang.

In der Folge werden einige grundsätzliche Vorschläge zur Schadensprävention gemacht, die Grundlage einer methodologischen Museumskonditionierung darstellen, wenn nicht weiterhin unwiederbringliche Schäden an unseren Kulturgütern in Kauf genommen werden sollen.

Dass die in Folge vorgeschlagenen Heiz- und Konditionierungstechniken obendrein höchst einfache und fehlertolerante Technologien sind, die im Vergleich zu konventionellen Klimatisierungstechniken weitaus geringere Investitionskosten und Betriebskosten zur



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17

Folge haben, ist sicherlich ein weiterer Vorteil des folgenden, klimastabilisierenden Heizungskonzeptes.

Diese positive Bewertung der vorgeschlagenen Systeme wird natürlich nicht von jedem Planer vorbehaltlos akzeptiert, ist doch ein Haustechnikplaner meistens daran interessiert, dass aufwendige und komplexe Systeme eingebaut werden, da sie meist teurer sind als einfache und der Planer üblicherweise (- und sinnloserweise ! -) prozentuell von den Herstellungskosten honoriert wird.

Konservatorische Grundlagen und Vorgaben für ein optimales Museumsklima

Schäden durch Kurzzeitschwankungen

Nach neueren Untersuchungen zu Malschichtschäden an Leinwandbildern, Glaskorrosion, Schäden an Wandmalereien etc. zählen die ständig geringen Schwankungen des Raumklimas, die im Museumsalltag, d. h. auch im klimatisierten Museumsraum und vor allen Dingen dort – als unvermeidbar hingenommen werden, zu den Hauptursachen von Schäden an historischem Material. Die durch sie hervorgerufenen zyklischen Mechanismen wie Sorptionszyklen an porösen Oberflächen bzw. textilem Material, Kondensationszyklen an nicht hygroskopischen Oberflächen wie Glas und Metall, Dampfdruckschwankungen in feinsten Hohlräumen von Oberflächen, Diffusionsströme wechselnder Richtung in Leinwandbildern an Außenwänden, Kristallisationszyklen an Oberflächen, die Salze enthalten, führen durch ständige Materialbelastung zu Langzeitschäden, deren Entstehung in der täglichen musealen Realität meist kaum erkannt wird.

Richtwerte für ein „alltagstaugliches“ Raumklima

Die wichtigste konservatorische Forderung im Museum muss also die Forderung nach Kurzzeit-Stabilität der relativen Luftfeuchte sein – innerhalb des saisonal sinnvollen konservatorischen Rahmens von mind. 45% (im Winter für alle Materialien) und max. 65 % (im Sommer; für Textil, Papier, Metall max. 60 %). Dem gegenüber ist die Höhe der Raumtemperatur konservatorisch zweitrangig (nur bei Zinn sollten 14°C nicht unterschritten werden) – vorausgesetzt, sie ändert sich nur sehr langsam gleitend, wie es bei Bauteilheizung im Gegensatz zu allen, die Raumluftmassen einsetzenden Heizsystemen, gegeben ist. Generell gilt jedoch, dass höhere Temperatur ein Katalysator für Zerfallsprozesse darstellt. Daher ist eine möglichst niedrige Lagertemperatur für Artefakte eine wichtige Vorgabe, deren Grenzen durch die Nutzung gesteckt werden.

Es erweist sich als wenig „alltagstauglich“, in Museen in der Heizperiode die Einhaltung einer Mindesttemperatur zu fordern, wie es im Wohnbereich (kein Bedarf an konstanter relativer Luftfeuchte) üblich ist. Einerseits nimmt die mittlere Wasserdampfkonzentration in der Außenluft (absolute Feuchte) mit abnehmender saisonaler Außentemperatur ab; zugleich führt insbesondere die konvektive Raumbeheizung im Winter zur Verdrängung von Wasserdampf aus dem Raum. Andererseits ist der Aufwand, der für eine gleichmäßige



Luftbefeuchtung erforderlich ist, erheblich, ohne dass bauphysikalische, konservatorische und physiologische Risiken ausgeschaltet werden können.

Daher sollten die Temperaturvorgaben für die Heizperiode Bedingungen für einen möglichst geringen Bedarf an Befeuchtung schaffen. Neben der Forderung nach Luftwechselkontrolle sind zwei Vorgaben für die Schadensprävention unabdingbare Voraussetzung hierfür:

1. Statt der Aufrechterhaltung einer bestimmten Raumtemperatur muss eine mit der mittleren Außentemperatur gleitende Raumtemperatur Planungsziel sein.

2. Die Raumlufttemperatur muss dabei so gering wie möglich gehalten werden (höhere Temperaturen fördern Zerfallsprozesse), d. h. die Raumluftmasse darf nicht als Heizmedium genutzt werden – daher der Vorschlag der Bauteilheizung.

Raumklimatisierung

Museale Bestände werden belastet, wenn Temperatur und Luftfeuchtigkeit von den für eine optimale Erhaltung erforderlichen Werten abweicht. Der Grad der Abweichung hat direkten Einfluss auf die Alterungsvorgänge, besonders bei organischen Materialien. Schwankende Temperaturen, Sauerstoffgehalt und Feuchtigkeit beschleunigen chemische Prozesse, die Veränderungen in den Molekularstrukturen bewirken mit der Folge von Festigkeits- und/oder Elastizitätsverlusten. Temperaturschwankungen führen vor allem bei organischen Materialien auch zu mechanischen Belastungen, die schon in kurzer Zeit sichtbare Schäden verursachen („Kalte-Wand-Problematik“ nach M. Ranacher). Deshalb sind konstante Raumtemperaturen mit warmen Hüllflächen sowie konstante Luftfeuchtigkeit Hauptkriterien des Klimaschutzes, die nur durch die „Temperierung“ (= Bauteilheizung) zur Erreichung einer den historischen Objekten und deren empfindlichen Materialien angemessenen Klimasituation als zielführendste Methode klimastabilen Heizens erreicht werden können. Dadurch werden die bekannten Nachteile der konventionellen Heizungssysteme vermieden und erhebliche Einsparungen von Energiekosten, Luftbefeuchtungstechnik, sowie Personalaufwand in Betrieb und Wartung ermöglicht.

Um ein möglichst stabiles Mikroklima zu erhalten, müssen unvermeidbare Schwankungen innerhalb der Grenzwerte von Temperatur und Feuchte so gering wie möglich gehalten werden (Amplitude), bzw. so langsam wie möglich stattfinden. Typische Regelzeiten sind zu vermeiden, da jede Differenz des Wasserdampfdruckes zwischen Objekt und Raumluft eine Beanspruchung der Objektflächen zur Folge hat. Demzufolge müssen kurzfristige Einflüsse des Außenklimas mit unmittelbaren Feuchte- und Temperaturschwankungen weitestgehend ausgeschaltet werden.



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17

Das Gebäude muss aus diesem Grunde gegen unkontrollierte Infiltration durch Außenluft konsequent abgedichtet werden, wenn die Außenluftzustände erheblich von den geforderten optimalen im Grenzbereich liegenden Raumzuständen abweichen. Im gegebenen Fall des Maritimen Museums bietet das historische Gebäude mit seinen hygrisch ausgleichenden Baumassen und wohlproportionierten Fenstern, gute Voraussetzungen für ein optimales, schadenspräventives Mikroklima mit wenig Technik, wenig Investitions- und wenig Betriebs- und Wartungskosten. Die Bandbreite des optimalen Raumluftzustandes sollte sich von 18 - 24°C Raumtemperatur und ca. 45 – 60 % relative Feuchte ganz langsam gleitend, gemäß des Außenklimas, - gepuffert durch die Gebäudehülle - im Rauminnen einpendeln, wobei die Regelleitgröße die relative Feuchtigkeit und weniger die Raumtemperatur sein sollte.

Durch diese passive Prävention („preventive conservation“) durch die bestehende, historische Bausubstanz wird die klimatische Stabilität des Gebäudes primär hauptsächlich von den baulichen Gegebenheiten abhängen und weniger auf technische Hilfsmittel angewiesen sein.

Aus diesem Grund wird zur Beheizung des historischen Baues - auch zur Konservierung des Altbestandes – immer eine reine Strahlungsheizung vorgeschlagen, die kontinuierlich bei Bedarf betrieben wird.

Lüftung

Die Lüftung sollte dann aktiviert, wenn durch das Einblasen von Außenluft keine kritischen Zustände in den Schauräumen produziert werden. Dies wird erreicht, indem man absolute Feuchte innen und außen und innere Wandoberflächentemperaturen vergleicht. Für eventuell auftretende winterliche Trockenheit können über dezentrale Luftbefeuchter die Raumluftkonditionen verbessert werden.

Von zentralen Befeuchtungssystemen wird wegen möglichen Schimmelbefalles in den Luftverteilsystemen dringend abgeraten. Vielmehr werden dezentrale Kaltverdunster, nach Möglichkeit redundant an eine Ortswasserleitung angeschlossen, empfohlen.

3. Aufgabenstellung

Das Internationale Maritime Museum in Hamburg ist ein historisches Lagergebäude aus dem Hamburger Hafen, dem sogenannten Kaiserspeicher B, aus dem Jahre 1878, welches aufwändig renoviert und im Jahre 2008 eröffnet wurde.

Im Museum werden Exponate aller möglichen Materialien wie Holz, Edelmetalle, Elfenbein, Textilien, Metall, Leder, Kunststoffe, etc. gezeigt, weshalb auch die präventive Konservierung nicht einfach ist, durchzuführen.

Das Museum wird über Deckenradiatoren geheizt und gekühlt (Heiz-/Kühlsegel). Im Museumsbereich gibt es keine gesamte, zentrale mechanische Lüftung. Teilbereiche werden klimatisiert. Es gibt eine Entrauchungsanlage für das gesamte Museum. Außenfenster können teilweise motorisch geöffnet werden.

Der Veranstaltungsbereich wird mechanisch klimatisiert.

Im Rahmen des Umbaus wurden das Museum in 9 Ebenen die Schauräume vorbildlich integriert.



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17

Die grundsätzliche haustechnische Lüftungs- und Klimaplanung für das Maritime Museum basiert auf der Vorgabe, dass das Museum über Fensterfugen gelüftet wird.

Dieser Planungsansatz ist aus zwei Gründen für ein Museum unakzeptabel:

1. Gerade ein Museum muss eine dichte Hülle haben, damit Außenklimaverhältnisse nicht in das Innere des Gebäudes durchschlagen können. Vor allem kann im Winter bekannte Trockenheit und im Sommer hohe Luftfeuchte in die Schauräume eindringen und die sehr wertvollen Exponate wie historische Knochenschiffe, Elfenbein, Schiffsmodelle aus Gold, historische, bemalte Schiffsmodelle aus Holz, alte Textilien, alte Karten auf Papier und Pergament, Gemälde, etc. schädigen.
2. Ferner kann über die Fensterfugen Staub und Schadstoffe (Abgase vom Verkehr, etc.) von außen in die Schauräume und zu den Exponaten gelangen, was unter allen Umständen vermieden werden muß, da jede Reinigung eines Museumsstückes Gefahr und Substanzverlust für das Exponat darstellt.

Verschärft wird die gegebene Situation im Maritimen Museum in Hamburg noch durch das Faktum, dass anthropogene Faktoren das Mikroklima im Museum stören, nachdem ganz in der Nähe des Museums, genau in

Hauptwindrichtung, die vergrößerte Anlegestelle für Kreuzfahrtschiffe besteht und erweitert wird. Diese großen Schiffe stoßen bei laufendem Motor sehr große Mengen SO_2 aus, das durch die derzeit undichten Fenster leicht in die Schauräume des Museums eindringen und Schäden provozieren kann. Durch die in Hamburg vorherrschenden Wind- und Wetterlagen liegt das Museum exakt in der Windrichtung der Rauchfahnen der Kreuzfahrtschiffe. Diese Raumluftbelastung muss verhindert bzw. minimiert werden.

Mithilfe der geplanten Dichtung der Fenster und Einführung einer kontrollierten Lüftung ist das möglich.

Stand der Technik im Museumsbereich ist die Einführung einer kontrollierten, mechanischen Lüftung, um den Besuchern die notwendige Luftqualität beim Besuch zu bieten. Mit einer mechanischen Lüftung sollte aber nie geheizt werden. Wärme sollte immer über Strahlung in Schauräume gebracht werden. Im gegenständlichen Fall des Maritimen Museums ist nachträglich eine mechanische Lüftung nicht mehr einführbar.

Aus diesem Grund ist für das Maritime Museum eine einfachste Art der kontrollierten Lüftung geplant worden, indem über bestehende Entrauchungsschächte gefilterte Außenluft in das Gebäude geblasen wird und über motorisch zu öffnende Fenster abströmt. Damit hätte das Museum dann gelüftet werden können, wenn man sich durch Vergleich der absoluten Feuchte innen und außen keine schädigenden Klimaverhältnisse in das Museum holt.

Wesentlicher Vorteil dieses Lösungsansatzes ist, dass es keine zusätzliche, aufwändige und teure Technik und keine Betriebskostenerhöhungen gibt. Im Gegenteil, durch die vorgeschlagenen Maßnahmen der freien Nachtkühlung wird sich der Kühlaufwand für das Museum reduzieren. Weiterer Vorteil dieses Lösungsansatzes ist die Möglichkeit, über diese vorgeschlagene Lüftung im Sommer nachts, wenn es draußen kühler als im Gebäude ist, das Gebäude für den nächsten Tag vorzukühlen, wenn es – wie es derzeit leider an heißen Sommertagen zu spüren ist –, es im Sommer im Museum stickig und warm wird. Vor allen Dingen in den oberen Geschossen wird es im Sommer aufgrund der Wärmeakkumulation recht warm. Man kann dann sehr gut über die natürliche Lüftung nachts das Gebäude wesentlich vorkühlen, wenn nachts im Sommer die Außentemperaturen circa 10° Kelvin niedriger sind als tagsüber, was üblicherweise in Hamburg im Sommer der Fall ist (erstes Lüftungskonzept).

Weiterer Planungsansatz dieses Sanierungsvorschlages ist, dass in der meisten Zeit des Jahres die Außentemperatur- und vor allem die Außenfeuchteverhältnisse dergestalt sind, dass man sich kaum schädigende Verhältnisse in das Museum holt und man häufig mit der Außenluft das Museum bei Bedarf, wenn es im Museum feuchter ist als draußen, nach Vergleich der absoluten Feuchte innen und außen, mit der Außenluft entfeuchten kann.

Das gilt einerseits mit der Einschränkung der SO_2 Belastung von außen wegen der Abgase durch die Kreuzfahrtschiffe, und es gilt mit der Einschränkung nur für das Sommerhalbjahr, da es im Winter im Museum meist, ebenso wie draußen, zu trocken ist.

Was die Behandlung der winterlichen Trockenheit im Maritimen Museum in Hamburg anbelangt, wird vorgeschlagen, in wichtigen Etagen dezentrale, mobile Kaltverdunster aufzustellen, die im trockenen Winter bei Bedarf aktiviert werden und die Raumluft nachbefeuchten.



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17

Aus diesen Überlegungen heraus wurde dieser Sanierungsansatz für das Maritime Museum entwickelt, der auch für andere Museen Anwendung finden kann.

Die intensive Auseinandersetzung mit der Museumsszene in Deutschland und im Europäischen Ausland hat gezeigt, dass viele Museen ohne eine mechanische Lüftung im Sommer, üblicherweise meist mit mangelhafter oder gänzlich fehlender Beschattung unter zu starker Überhitzung der Schauräume leiden, die weder Bildern oder der Kunst im Allgemeinen noch den Besuchern zuträglich ist.

Die genannte Problematik der sommerlichen Überwärmung von Museen im Allgemeinen und der Überwärmung des Maritimen Museums in Hamburg im Besonderen wird üblicherweise noch durch die Probleme falsch angebrachter (meist innerhalb der Fenster) oder gänzlich fehlender Beschattungssysteme verschärft. Negativbeispiele in diesem Zusammenhang sind z.B. Schloss Johannesburg, Aschaffenburg; und Schloß Herrenchiemsee.

Auch im Maritimen Museum in Hamburg sind die Beschattungsfolien innen auf den innen vorgeetzten Nurglasflügeln aufkaschiert worden, mit dem negativen Ergebnis, dass durch die Sonneneinstrahlung auf diese

Folien die Scheiben sehr warm werden und damit im Sommer unangenehme warme Heizkörper für das Museum darstellen.

Aber auch Museen mit kontrollierter Belüftung (und Klimatisierung) zeigen oftmals Schwächen, was die Klimastabilität angeht, sieht man von dem immensen Aufwand an Energie und Wartung ab. Bei mechanischen Klimaanlage mit zentralen Befeuchtungssystemen beeinträchtigen Regelspitzen oft und höchst schädigend die erforderliche Klimakonstanz für die Exponate.

Auf den Punkt gebracht: Es wird die Förderung durch die DBU damit begründet, dass im Maritimen Museum in Hamburg durch Dichtung der Gebäudehülle einerseits ein Eindringen von anthropogenen Umwelteinflüssen, emittiert von Schiffsmotoren der nahe gelegenen Elbe, wirksam verhindert werden. Andererseits wird die winterliche Trockenheit entschärft.

Nachdem in Kürze in unmittelbarer Nachbarschaft zum Maritimen Museum am Elbestrand das bereits bestehende Kreuzfahrtschiff Terminal erweitert wird, wird sich die Gesamtsituation der negativen anthropogenen Umwelteinflüsse ganz erheblich verschlimmern.

Ferner wird im Museum eine wirksame, hinterlüftete Beschattung in Übereinstimmung mit dem Denkmalschutz eingerichtet und damit erheblich die Klimastabilität im Museum verbessert.

Mit einer sommerlichen, nächtlichen Vorkühlung der Baumassen mittels gefilterter Außenluft und motorisch zu öffnenden Fenstern wird ein vorbildliches, einfaches und leicht einzurichtendes Sanierungskonzept vorgeschlagen, das für sehr viele Museen Vorbildwirkung hat und Anwendung finden kann.

In höchst nachhaltiger Form ohne großen Maschinenaufwand mit minimalen zusätzlichen Energiekosten wird zusammen mit einer intelligenten Regelung eine Raumklimaverbesserung eingeführt, die in ihrer Einfachheit in vielen ähnlich gelagerten Fällen ebenso eingeführt werden kann, ohne mit baulichen Eingriffen Budget und Betriebskosten zu belasten. Im Gegenteil, im Maritimen Museum in Hamburg kann sogar durch diese Maßnahmen teure Kälteenergie durch die Kühlaggregate eingespart werden, zumindest, was das Museumsgebäude angeht. Auch die Kältebereitung für das neue Depot im Nachbargebäude kann mit Unterstützung der freien Nachtkühlung reduziert werden. Die Energieeinsparungen aus diesem Titel sind signifikant.

Das Wissen auf dem Gebiet der „natürlichen Lüftung“ wurde durch den eingebundenen Sanierungsplaner, Technisches Büro Käferhaus GmbH, für das Maritime Museum durch langjährige (mehr als 35 Jahre) Beratungs- und Forschungstätigkeit auf dem Gebiet der Museumsplanung erarbeitet und in vielen praktischen Anwendungen eingesetzt und zuletzt im größten EU Forschungsvorhaben „Climate for Culture“ wissenschaftlich fundiert im großen Kreis diskutiert und evaluiert.

Dieser Planungsansatz wurde in der Hofburg in Wien erforscht, gemessen und evaluiert und steht zum beispielgebenden Einsatz im Maritimen Museum in Hamburg parat.



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17

Damit wird unserer heutigen, modernen Denkweise, immer Probleme nur dadurch zu lösen, indem man weitere Maschinen hinzufügt, die ihrerseits wieder größere Probleme bereiten, abgesehen von Kosten und intensiven Betreuungsaufwand, ein Kontrapunkt gesetzt, der eine nachhaltige Klimastabilität mit geringstem Aufwand im historischen Bestand schafft.



4. Umsetzung des Maßnahmenkataloges

Zur einfachen Nachvollziehbarkeit werden in der Folge kurz die Förderungsvorgaben, Ziele und Zwischenschritte nochmals rekapituliert, um sie den Beteiligten in das Bewusstsein zu rufen:

Gefördertes Ziel ist die Stabilisierung des Raumklimas im Maritimen Museum in Hamburg und der Verminderung der anthroposophen Einflüsse von außen.

Bislang gab es im Museum zu starken Außenklimaeinfluß, d.h. zu trockene Raumfeuchten im Winter und zu feuchte, stickig-warme Verhältnisse im Sommer.

Im Rahmen der Fördervereinbarung wurden folgende Teilschritte beschlossen, die ebenfalls mit dem örtlichen Denkmalamt, Herrn Schett im Februar 2014 abgestimmt wurden.

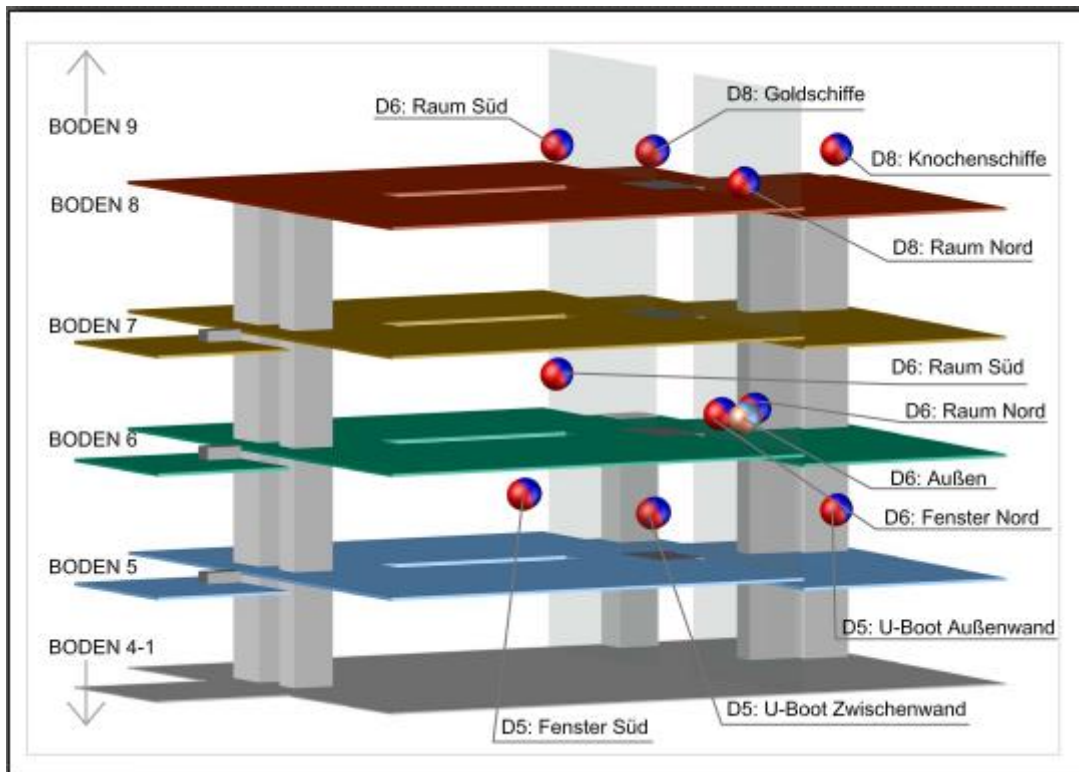
Chronologie der Maßnahmen

1. Bestandsanalyse im Rahmen einer Vorstudie
2. Einbau eines Messdatenerfassungssystems
3. Diskussion der Messdaten im Museum
4. Detailplanung der Abdichtungsmaßnahmen an den Fenstern mit Kontrolle der Ausführung
5. Abdichten der Außenhülle des Museums und messtechnische Dokumentation der Konsequenzen
6. Einbau einer probeweisen Außenbeschattung in Form eines Streckmetalles für die Zustimmung des Denkmalamtes
7. Wechsel der warmen Halogenbeleuchtung in eine LED Beleuchtung und Doku dieser Maßnahme (nicht im Forschungs- und Förderungsumfang der DBU enthalten)
8. Einsatz von dezentralen Kaltverdunstern und Dokumentation deren Wirkung
9. Planung einer kontrollierten, sommerlichen Nachtlüftung einerseits zur Reduktion der Infiltration von Schwefeldioxyden durch die Auspuffgase der Elbschiffe, d.h. Reduktion des negativen, anthropogenen Einflusses bei gleichzeitiger Verringerung des sommerlichen, drückenden Raumklimas für die Besucher und Artefakte durch Nachtlüftung durch Vergleich der absoluten Feuchte und Temperatur innerhalb und außerhalb des Museums
10. Nach Ablehnung einer kontrollierten Lüftung über das bestehende Entrauchungssystem und die motorisch zu öffnenden Fenster durch den Bauherren, Vorlage einer neuen Planung einer reduzierten, kontrollierten Lüftung über die bestehende Lüftungsanlage 1 im KG für die Ebenen 1-4 durch sommerliches, nächtliches Aufblasen der Ebenen 0-4.
11. Dokumentation und Verbreitung der Forschungsergebnisse

Ad 2: Einbau eines Messdatenerfassungssystems:

Es wurde durch den Planer Käferhaus ein Messdatenerfassungssystem eingebaut. Auf Wunsch des örtlichen Denkmalamtes, Herr Schett, wurden noch zusätzliche Messfühler auf Außenwänden innen, in Ebene 8, jeweils Süd und Nord, zusätzlich eingebaut, um mögliche Taupunktunterschreitungen an den dünnen Außenwänden innen messen zu können. Die folgende Messdatenanalyse zeigt, dass es an auch an den dünnen Außenwänden in den Obergeschossen, wo die Außenmauer aufgrund der historischen Bauweise (unten sehr dicke Backsteinwände, oben sehr dünne) zu keinem Kondensatsausfall und Taupunktunterschreitungen kommt.

Die folgende 3-D Animation gibt einen Überblick, wo die Messfühler im Maritimen Museum installiert wurden.



Standorte der Messfühler im Maritimen Museum, Hamburg

Ad 3: Messdatenanalyse:

Die Diskussion der Messdaten im Museum hat folgende Ergebnisse gebracht: Wenn man die Temperatur- und Feuchtekurven in den Jahren 2012 bei Messbeginn bis 2017 analysiert, erkennt man, dass die winterliche Trockenheit eine Konsequenz ist, aus Undichtheit der Hülle (denn man sieht nach Abdichtung der Hülle ein Verbesserung – siehe die folgende Klimakurven-Diskussion!) und den noch immer zu warmen Raumtemperaturen im Museum (Vgl. dazu Kurve ‚magenta‘ und ‚blau‘ auf Ebene 6, Nord und Süd, wo teilweise im Norden Raumtemperaturen bis zu 26-27° erreicht werden. Diese sind Auslöser für zu starke Trockenheit unterhalb von 40% relativer Feuchte. Es kann aber eindeutig festgehalten werden, dass generell die relativen Feuchten in Hinblick auf winterliche Trockenheit in den Schauräumen erheblich besser wurden im Verlauf der Messperioden von 2012-2017, als zu Beginn der Messreihe.

Generell gilt, dass man strikt seitens des Museums darauf achten sollte, dass in keinem Bereich der Schauräume Raumtemperaturen von über 20°C zugelassen werden.

Besser wäre es, die Raumtemperaturen in allen Schauräumen im Winter etwas unterhalb der 20°C Grenze unter Einhaltung des Minimalkomforts für Besucher zu erreichen.

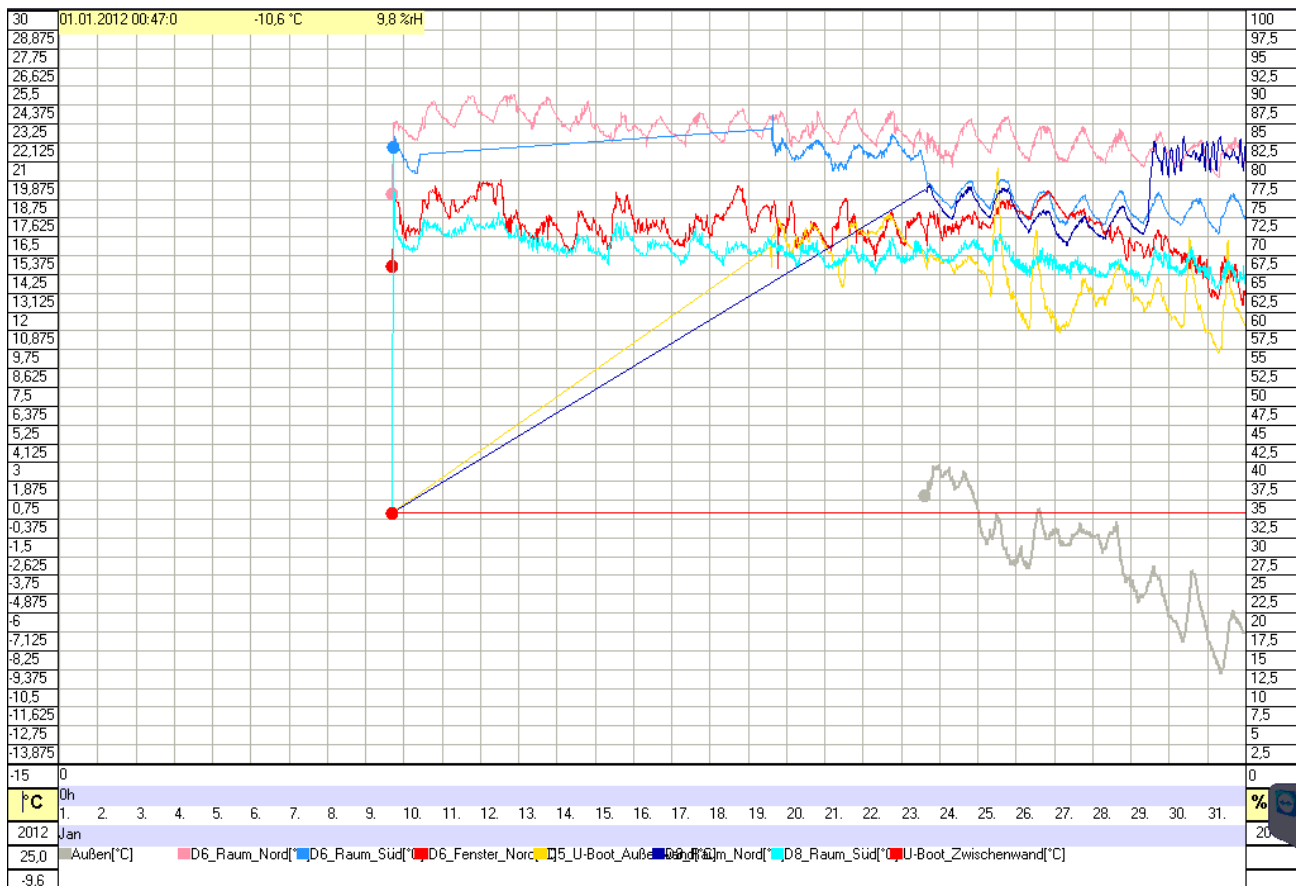
In der Folge werden Graphiken zuerst der Temperaturen und dann der rel. Feuchten im Winter der Jahre 2012-2015 vorgelegt:



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17

Wintertemperaturen 2012-2015

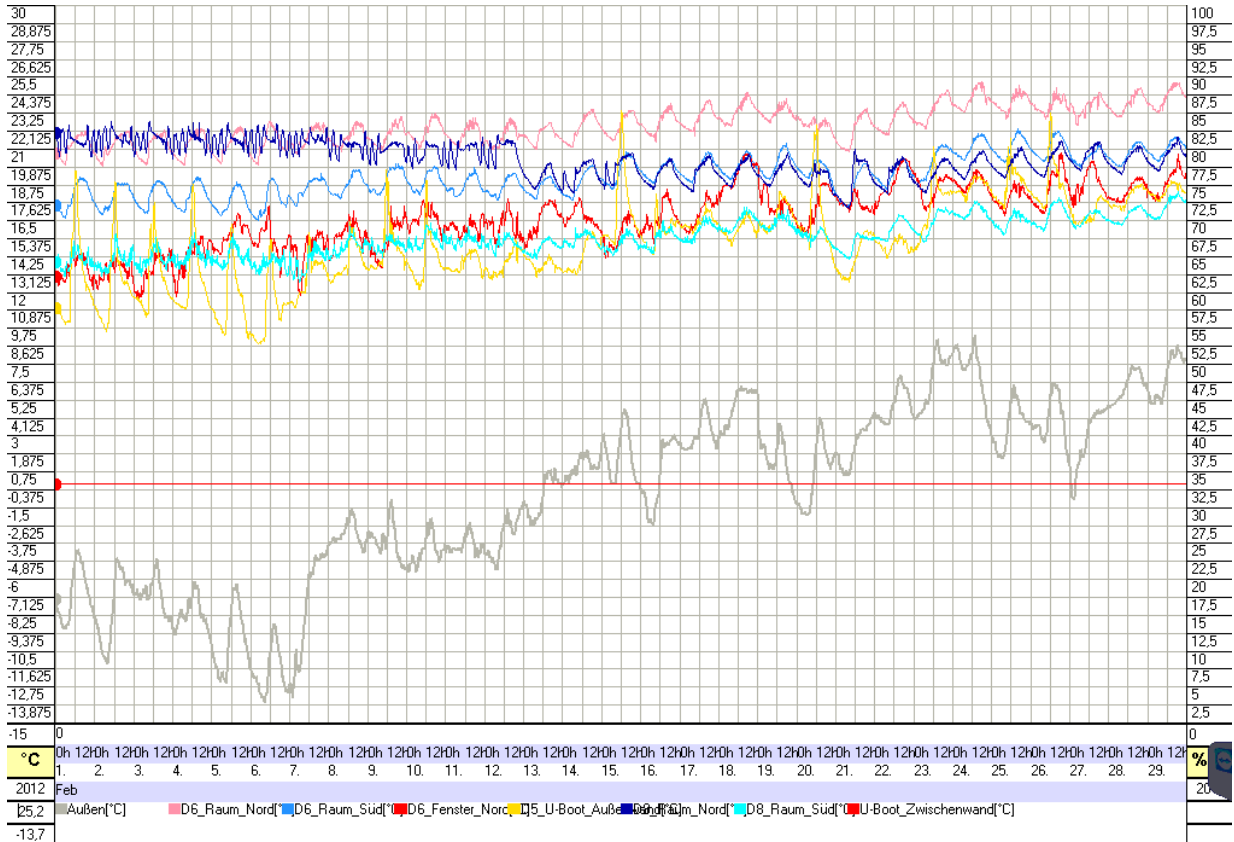
Adresse	Bezeichnung	EH1	Dicke1	Glättung1	EH2	Dicke2	Glättung2
MU0812-2	Außen	<input checked="" type="checkbox"/> °C	2	0	<input type="checkbox"/> %RH	2	0
MU0291-2	D6_Raum_Nord	<input checked="" type="checkbox"/> °C	1	0	<input type="checkbox"/> %RH	1	0
MU0285-2	D6_Raum_Süd	<input checked="" type="checkbox"/> °C	1	0	<input type="checkbox"/> %RH	1	0
MU0282-2	D6_Fenster_Nord	<input checked="" type="checkbox"/> °C	1	0	<input type="checkbox"/> %RH	1	0
MU0208-0	Außen	<input type="checkbox"/> °C	2	0	<input type="checkbox"/> %RH	2	0
MU0286-0	D5_Fenster_Süd	<input type="checkbox"/> °C	1	0	<input type="checkbox"/> %RH	1	0
MU0290-2	D5_U-Boot_Außenwand	<input checked="" type="checkbox"/> °C	1	0	<input type="checkbox"/> %RH	1	0
MU0287-2	D8_Raum_Nord	<input checked="" type="checkbox"/> °C	1	0	<input type="checkbox"/> %RH	1	0
MU0284-2	D8_Raum_Süd	<input checked="" type="checkbox"/> °C	1	0	<input type="checkbox"/> %RH	1	0
MU0283-2	U-Boot_Zwischenwand	<input checked="" type="checkbox"/> °C	1	0	<input type="checkbox"/> %RH	1	0



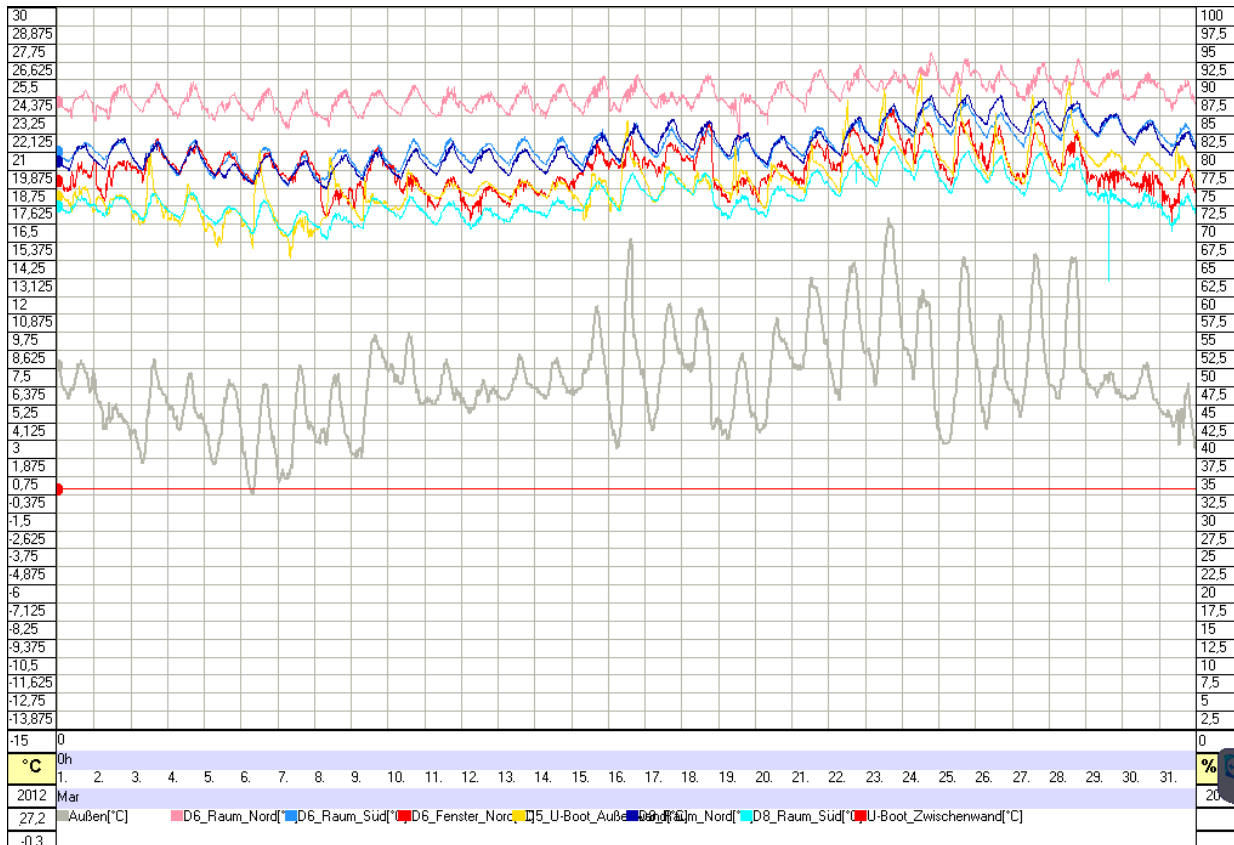
2012: Beginn der Messungen im Jan. 2012



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17



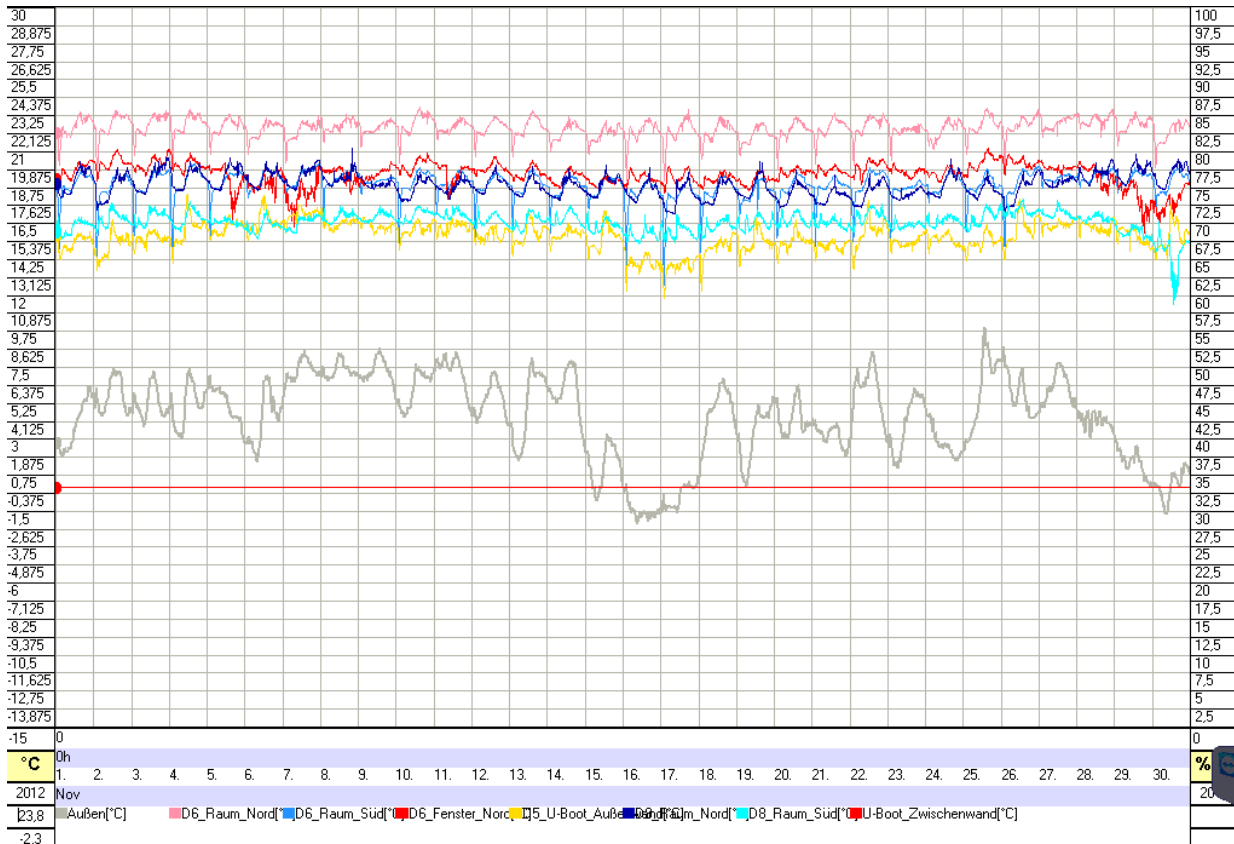
Februar 2012, Raumtemperaturen



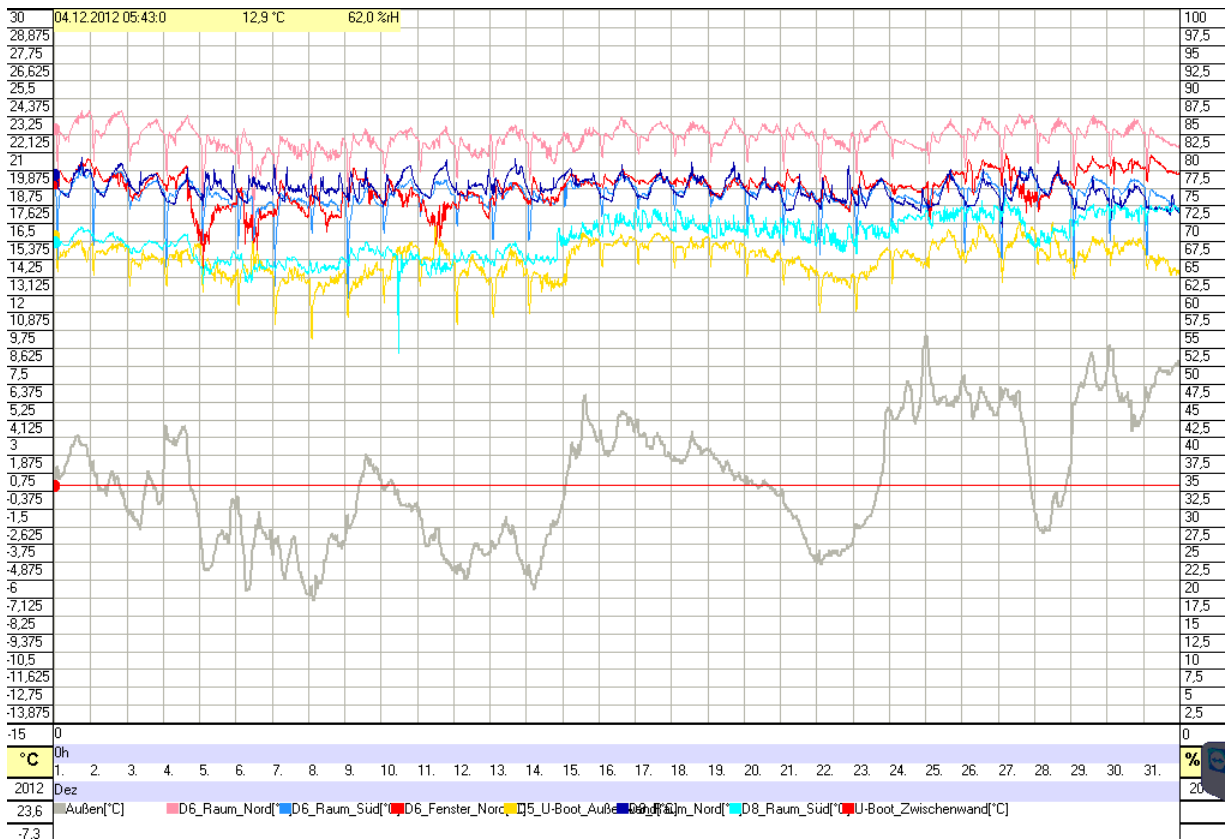
März 2012, Raumtemperaturen



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17

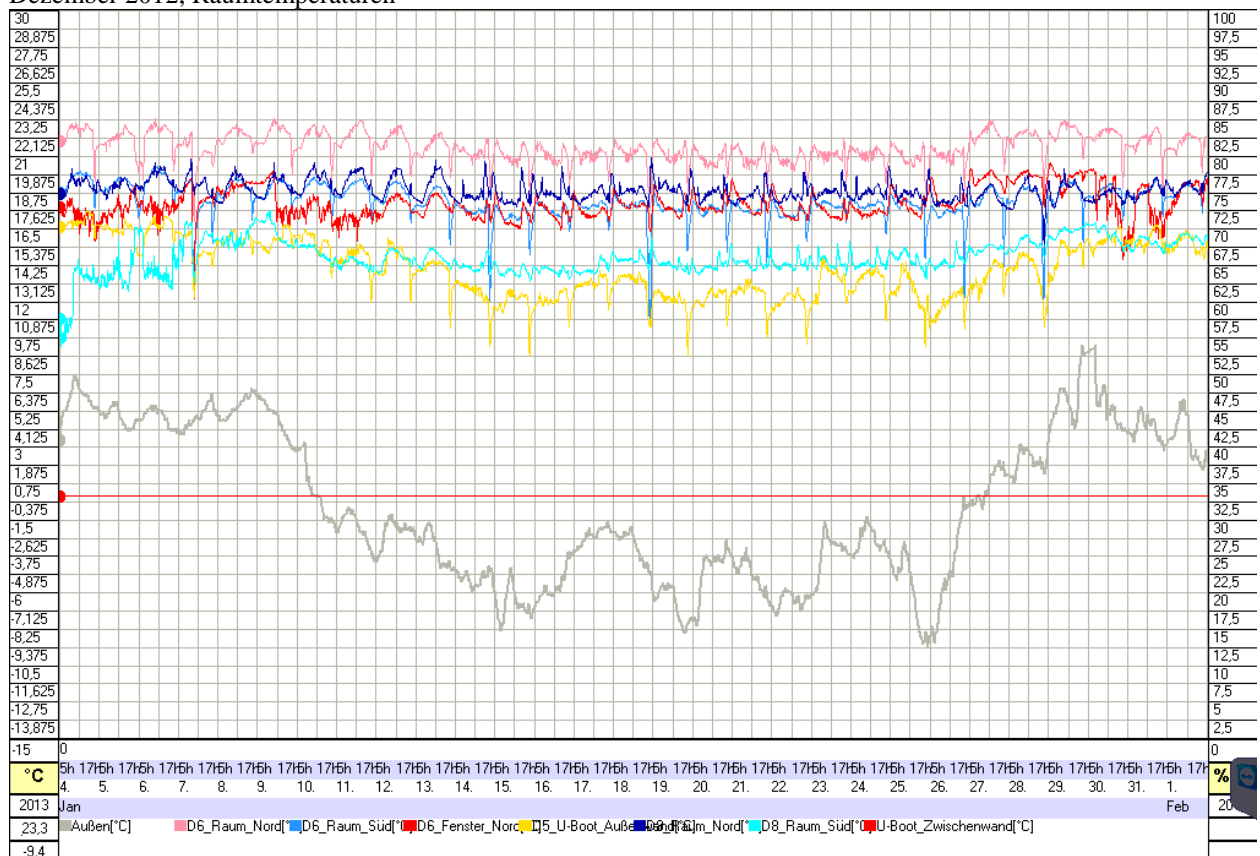


November 2012, Raumtemperaturen





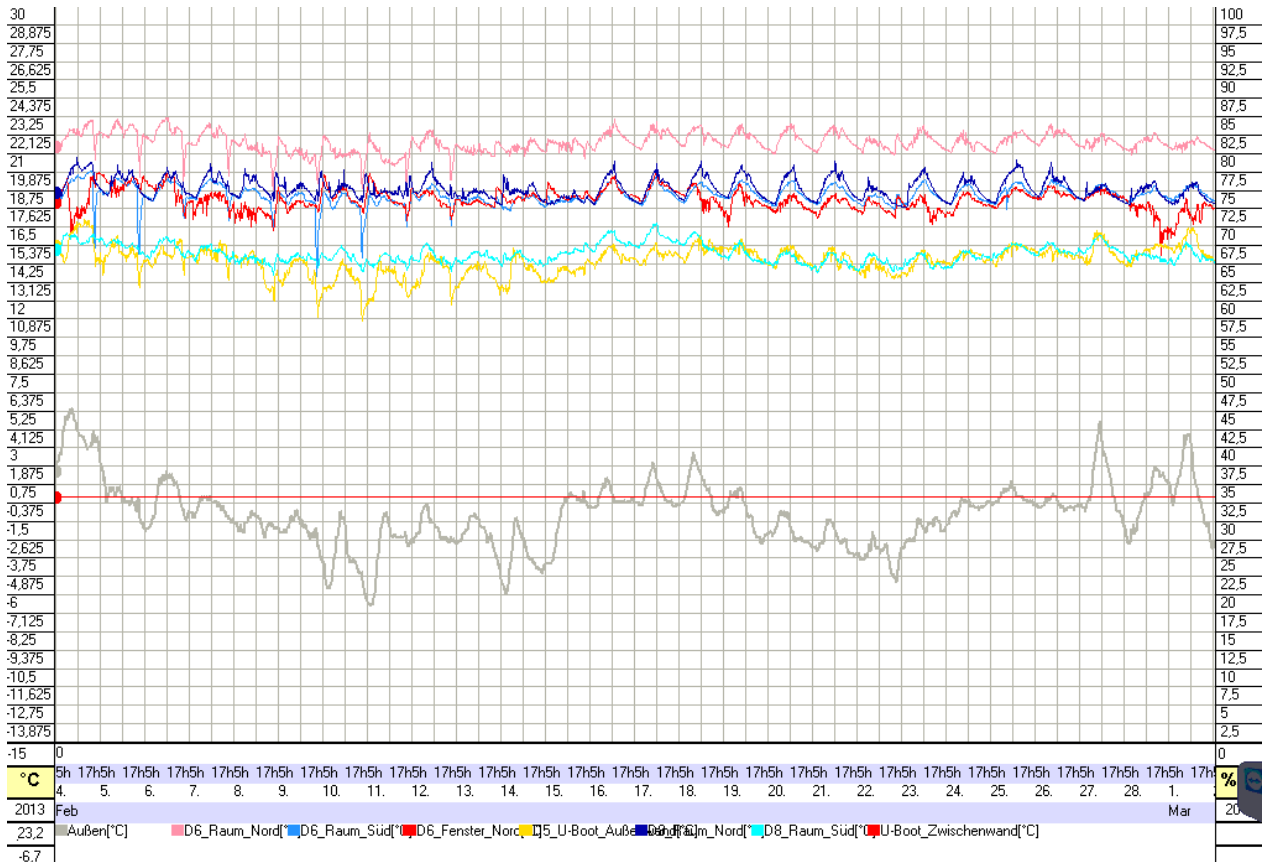
Dezember 2012, Raumtemperaturen



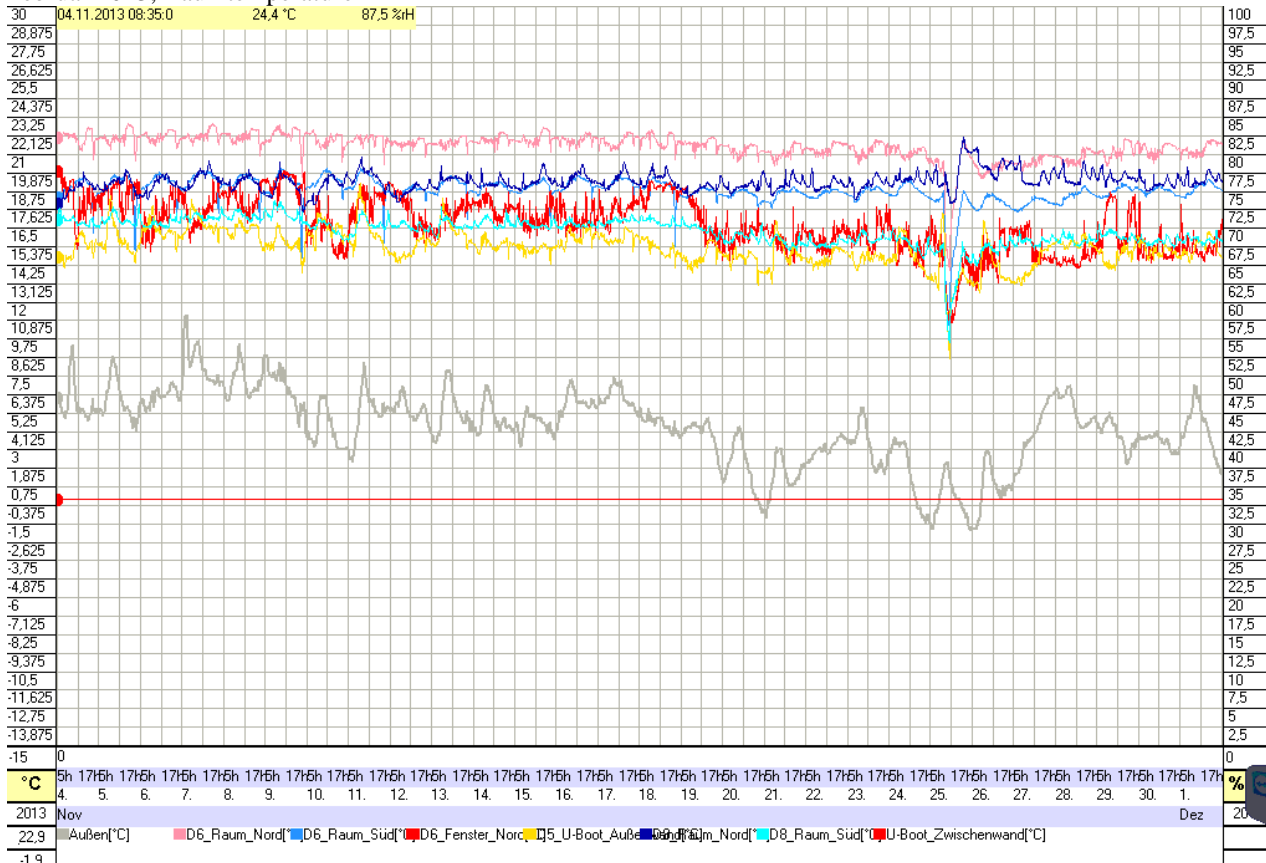
Januar 2013, Raumtemperaturen



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17



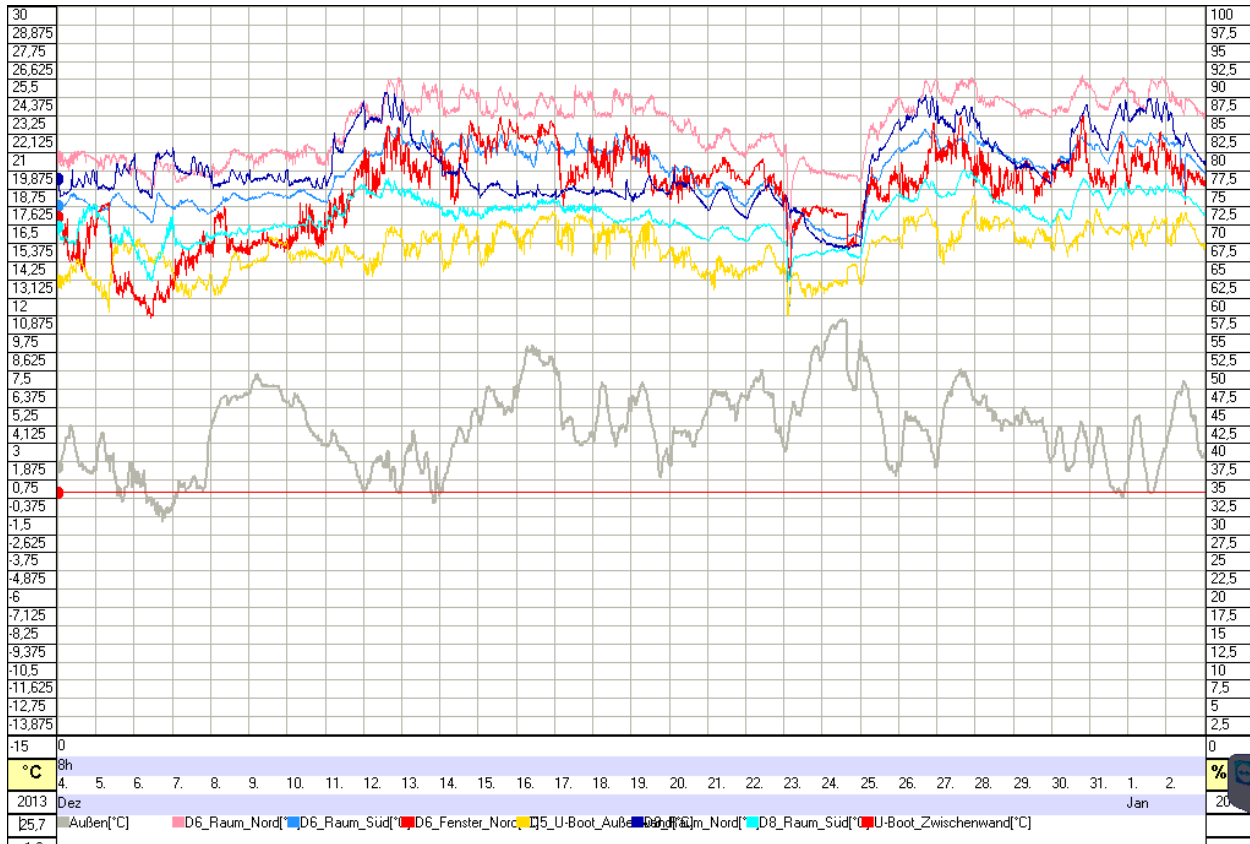
Februar 2013, Raumtemperaturen



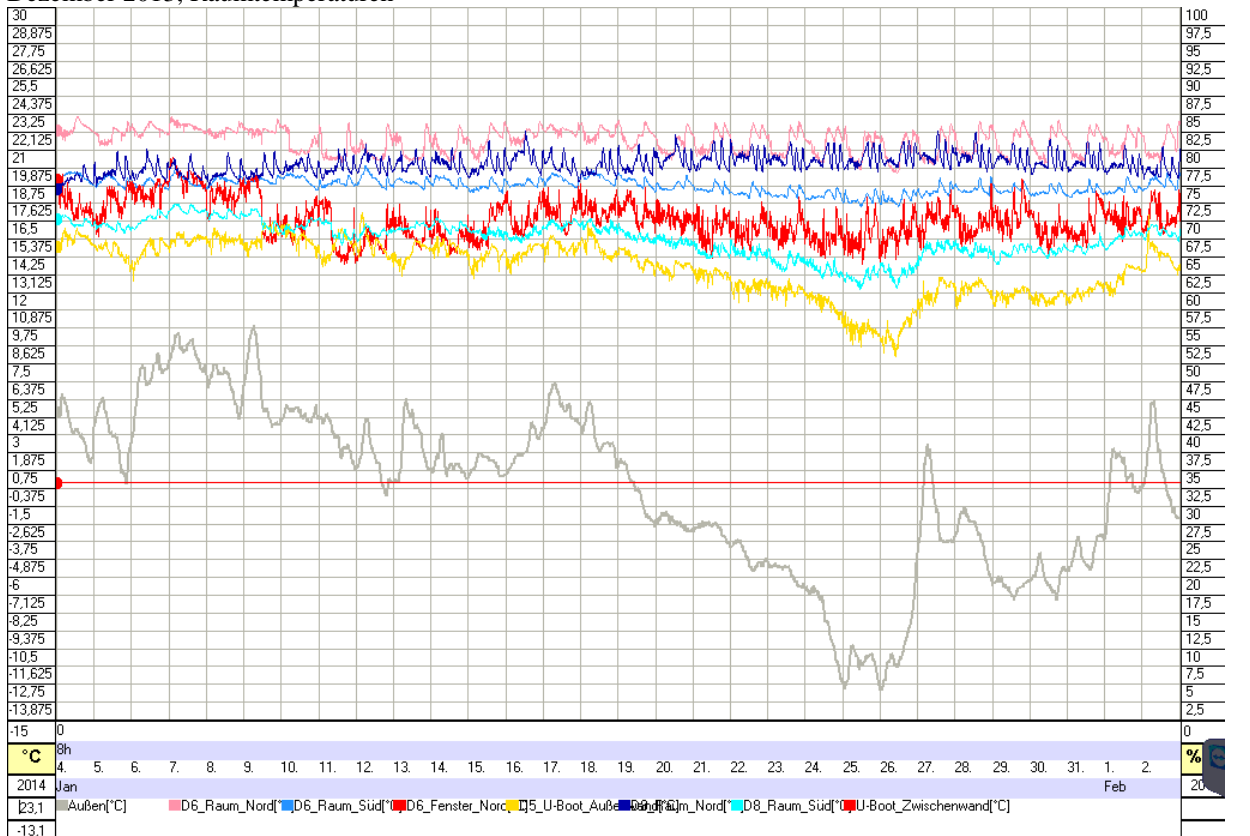
November 2013, Raumtemperaturen



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17



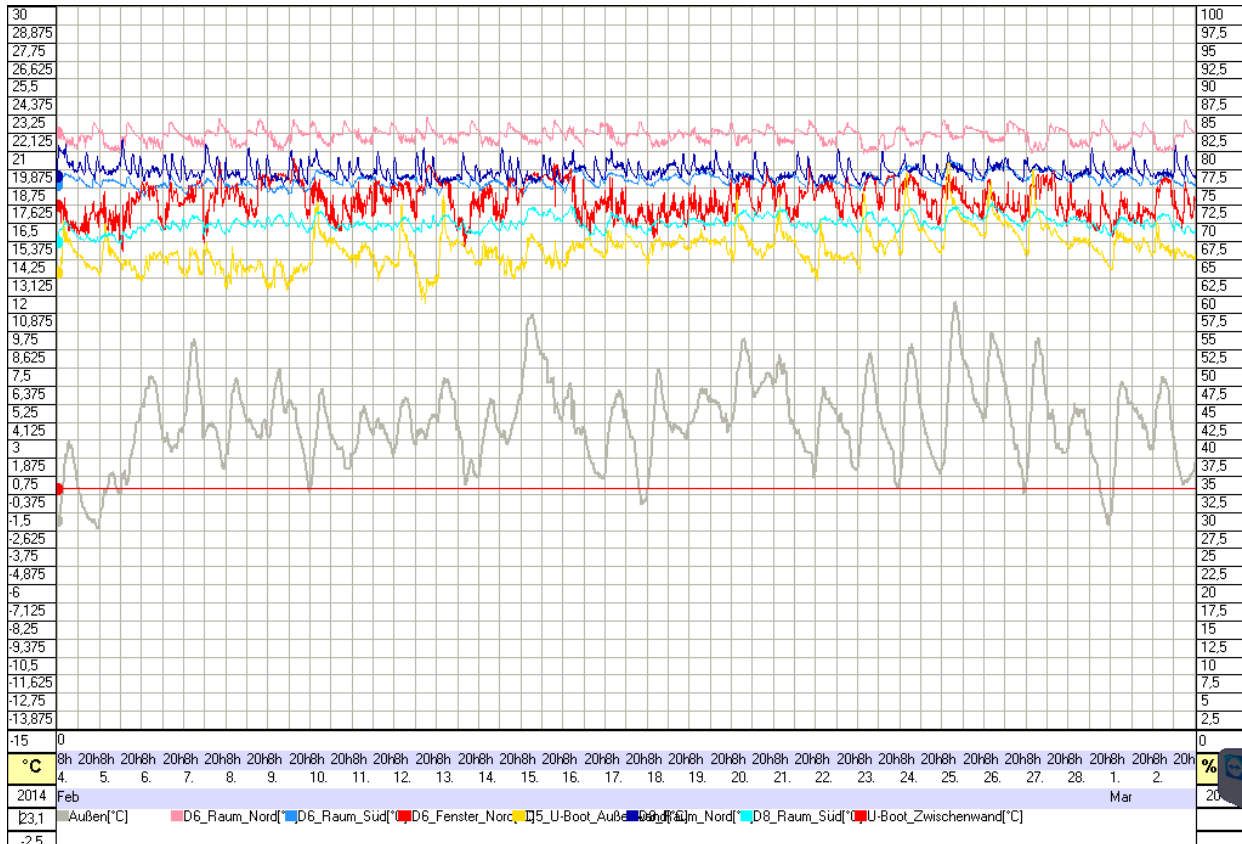
Dezember 2013, Raumtemperaturen



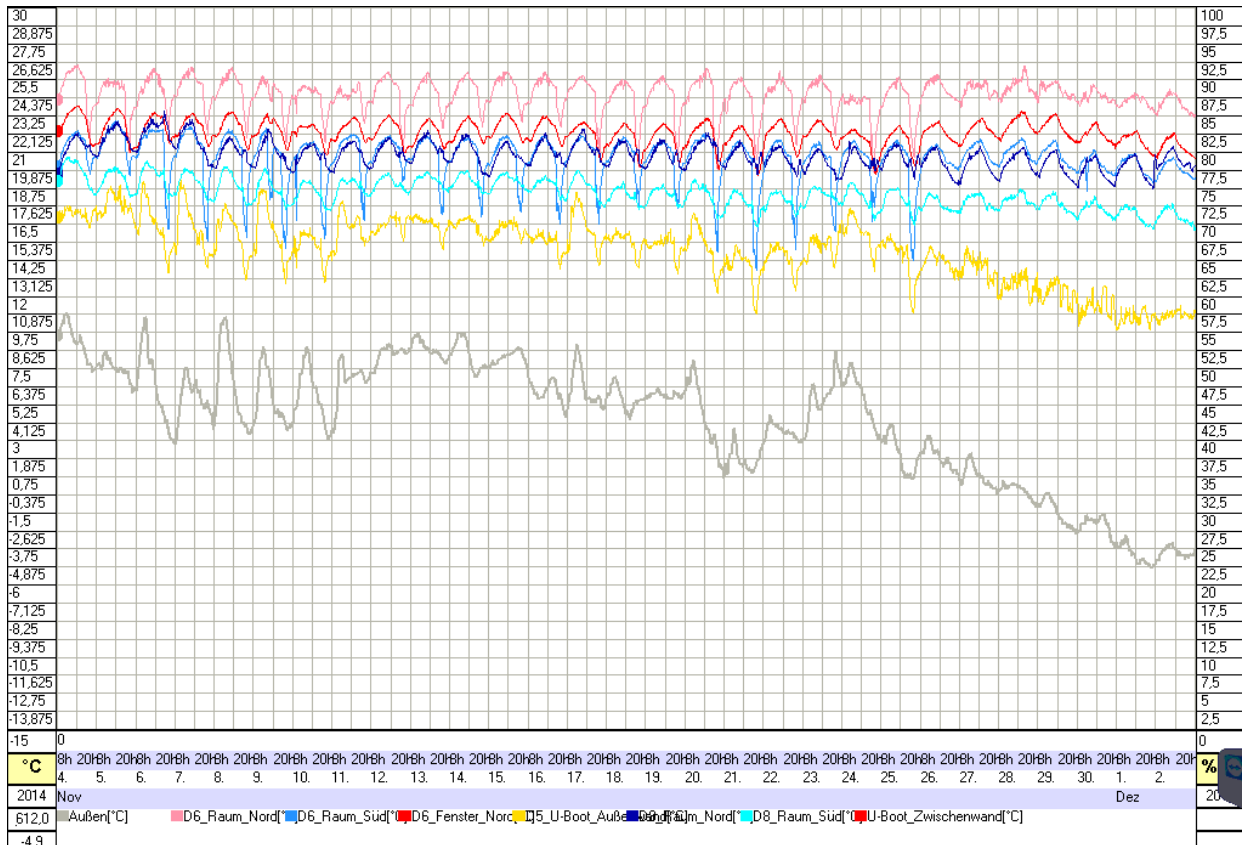
Januar 2014, Raumtemperaturen



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17



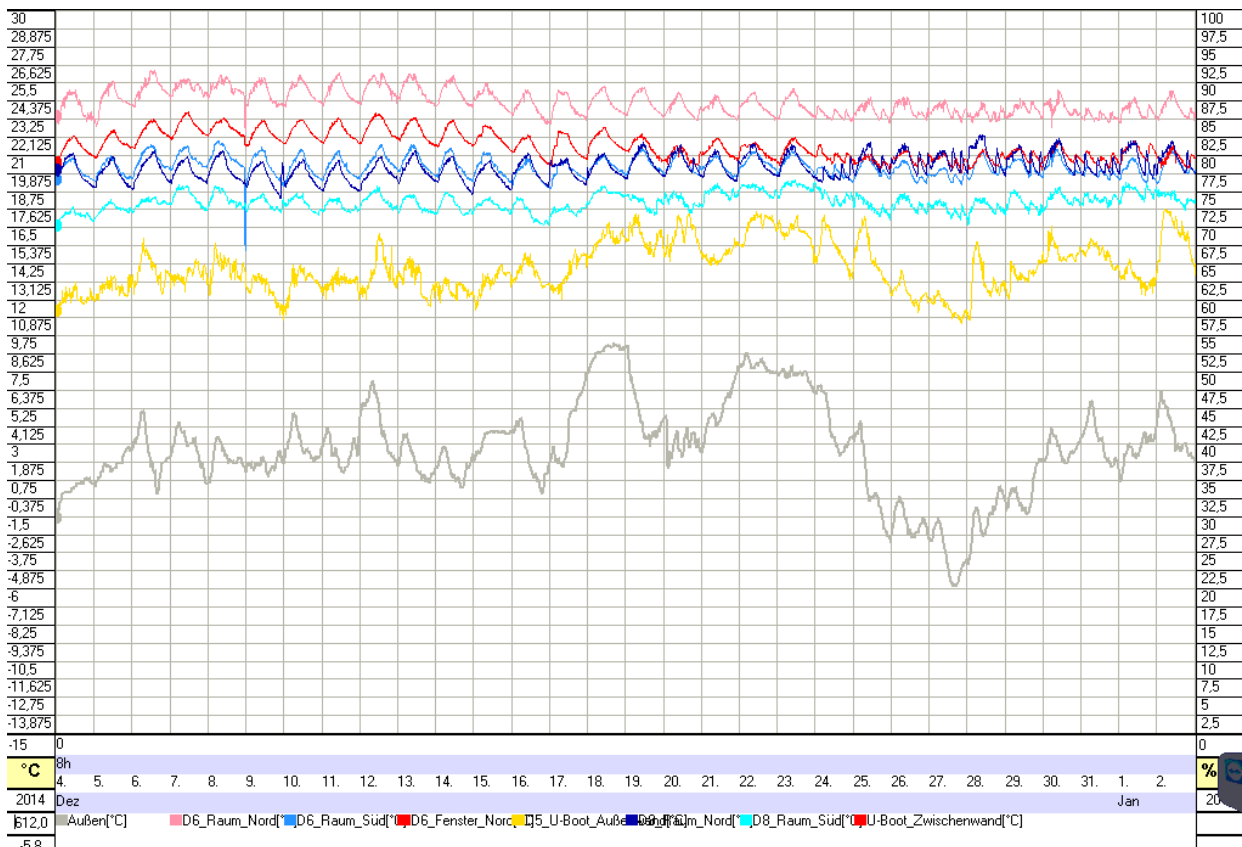
Februar 2014, Raumtemperaturen



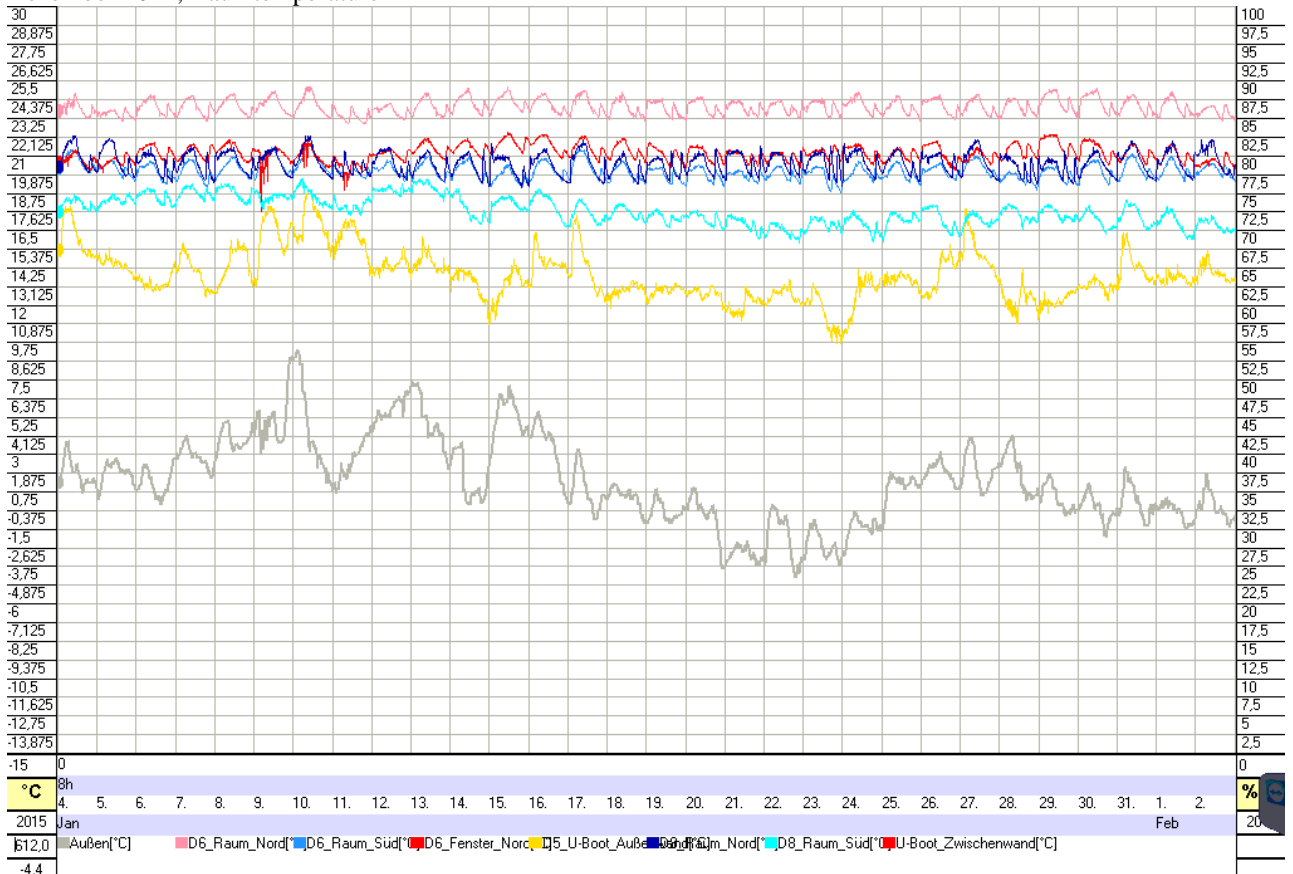
November 2014, Raumtemperaturen



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17



Dezember 2014, Raumtemperaturen





Januar 2015, Raumtemperaturen

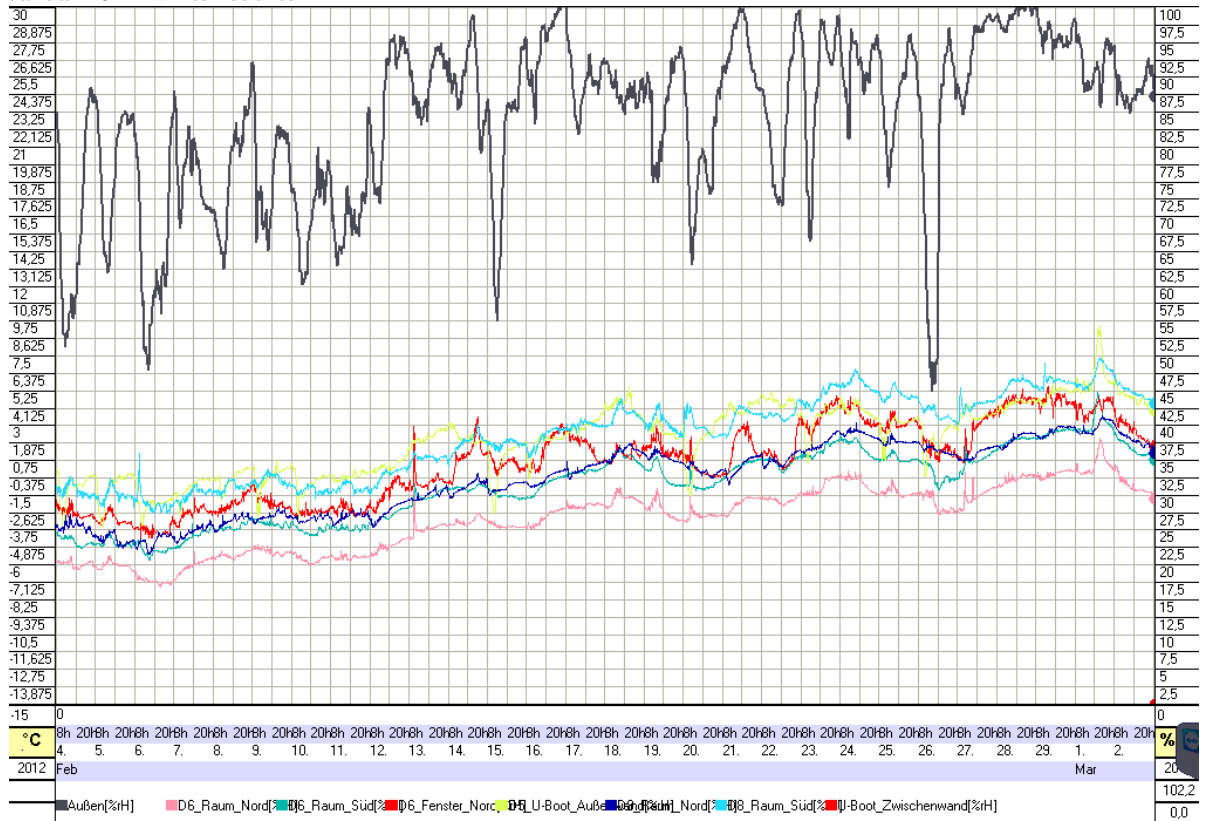
Winterfeuchten 2012-2015

Adresse	Bezeichnung	EH1	Dicke1	Glättung1	EH2	Dicke2	Glättung2
MU0812-1	Außen	<input type="checkbox"/> °C	2	0	<input checked="" type="checkbox"/> %RH	2	0
MU0291-1	D6_Raum_Nord	<input type="checkbox"/> °C	1	0	<input checked="" type="checkbox"/> %RH	1	0
MU0285-1	D6_Raum_Süd	<input type="checkbox"/> °C	1	0	<input checked="" type="checkbox"/> %RH	1	0
MU0282-1	D6_Fenster_Nord	<input type="checkbox"/> °C	1	0	<input checked="" type="checkbox"/> %RH	1	0
MU0208-0	Außen	<input type="checkbox"/> °C	2	0	<input type="checkbox"/> %RH	2	0
MU0286-0	D5_Fenster_Süd	<input type="checkbox"/> °C	1	0	<input type="checkbox"/> %RH	1	0
MU0290-1	D5_U-Boot_Außenwand	<input type="checkbox"/> °C	1	0	<input checked="" type="checkbox"/> %RH	1	0
MU0287-1	D8_Raum_Nord	<input type="checkbox"/> °C	1	0	<input checked="" type="checkbox"/> %RH	1	0
MU0284-1	D8_Raum_Süd	<input type="checkbox"/> °C	1	0	<input checked="" type="checkbox"/> %RH	1	0
MU0283-1	U-Boot_Zwischenwand	<input type="checkbox"/> °C	1	0	<input checked="" type="checkbox"/> %RH	1	0

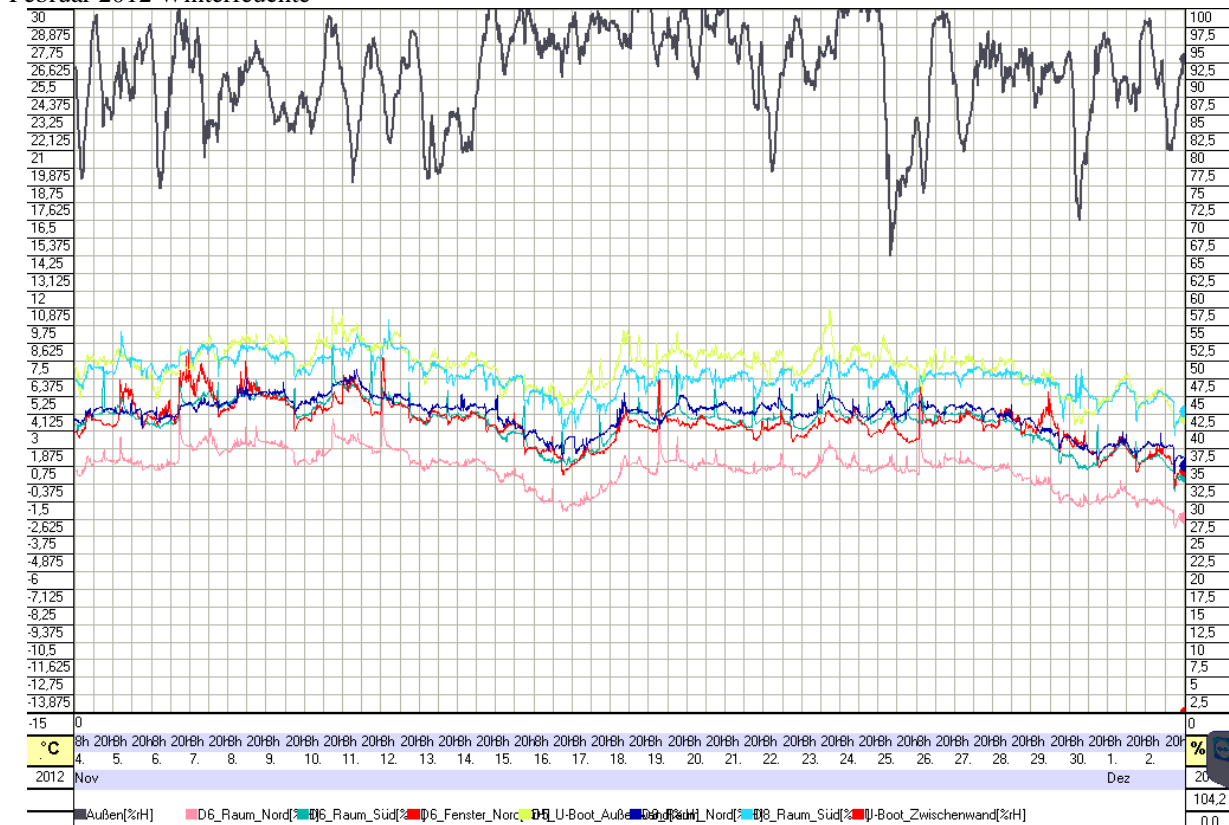




Januar 2012 Winterfeuchte



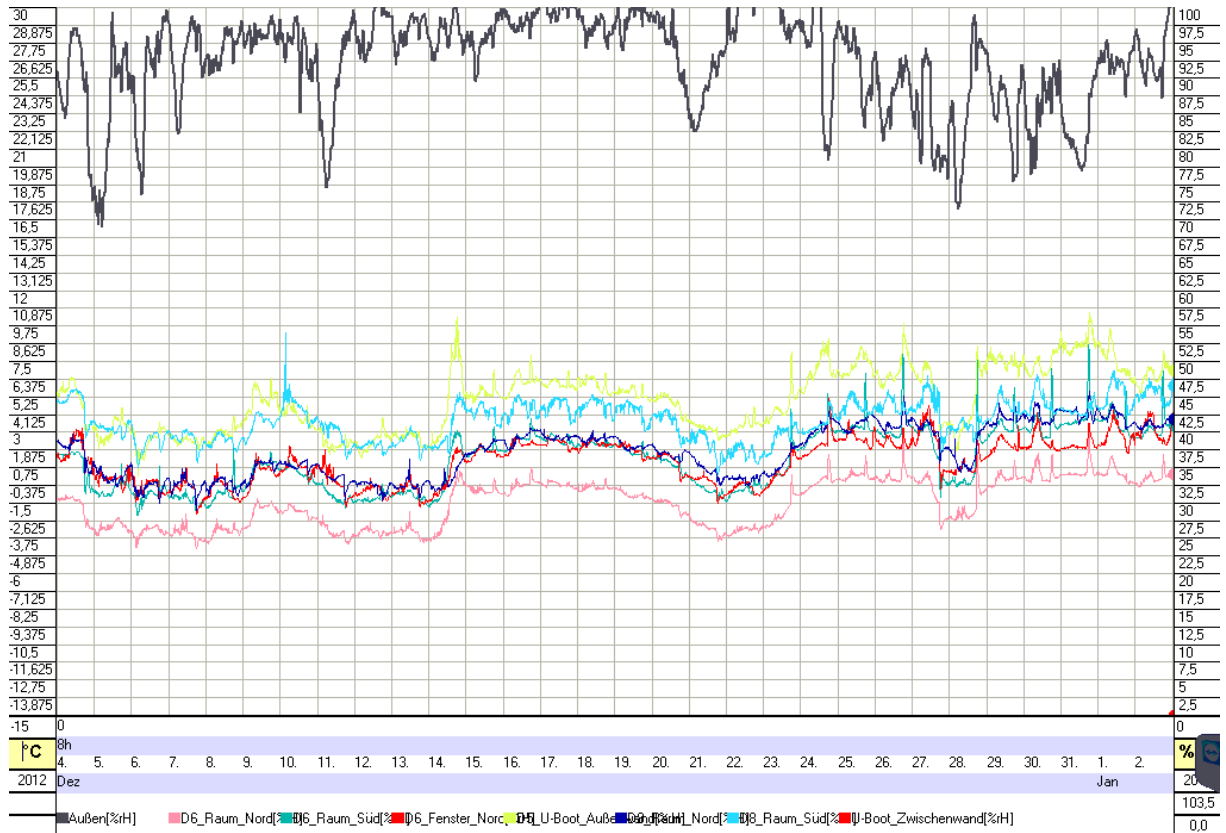
Februar 2012 Winterfeuchte



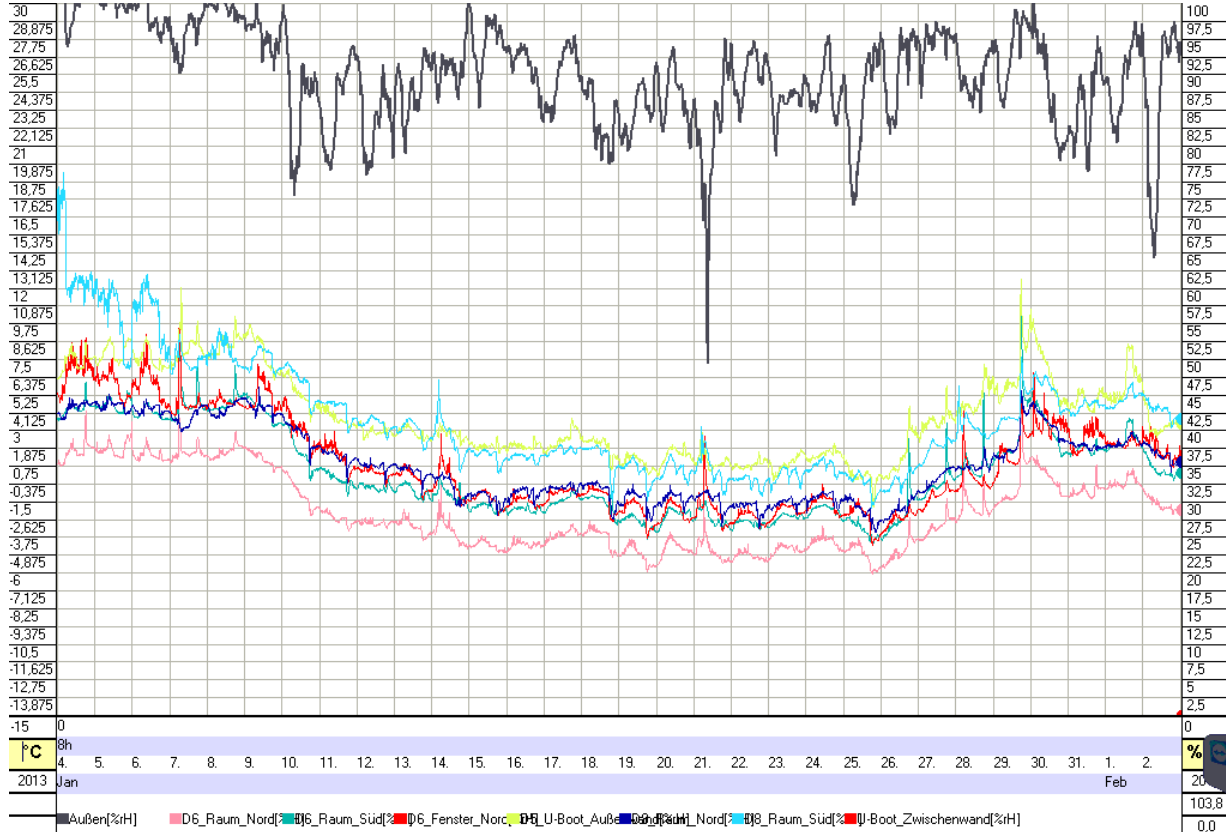
November 2012 Winterfeuchte



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17



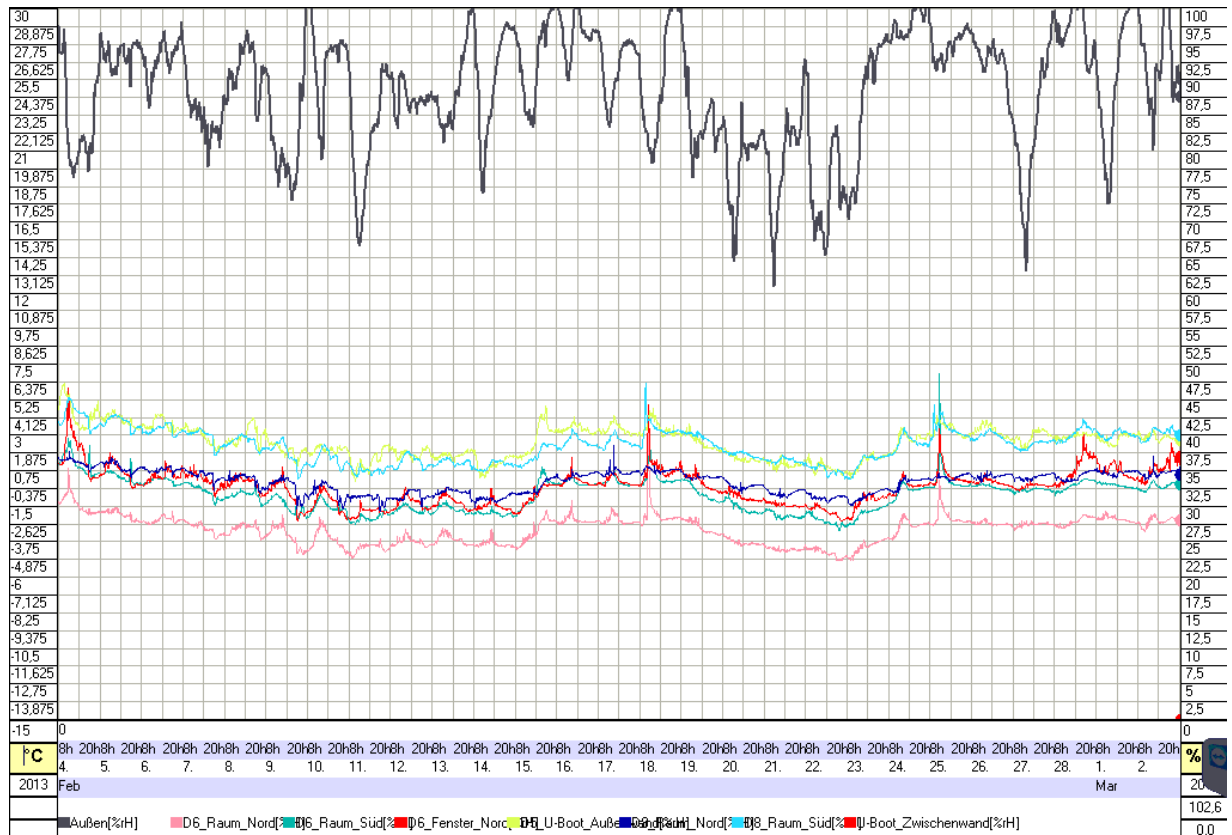
Dezember 2012 Winterfeuchte



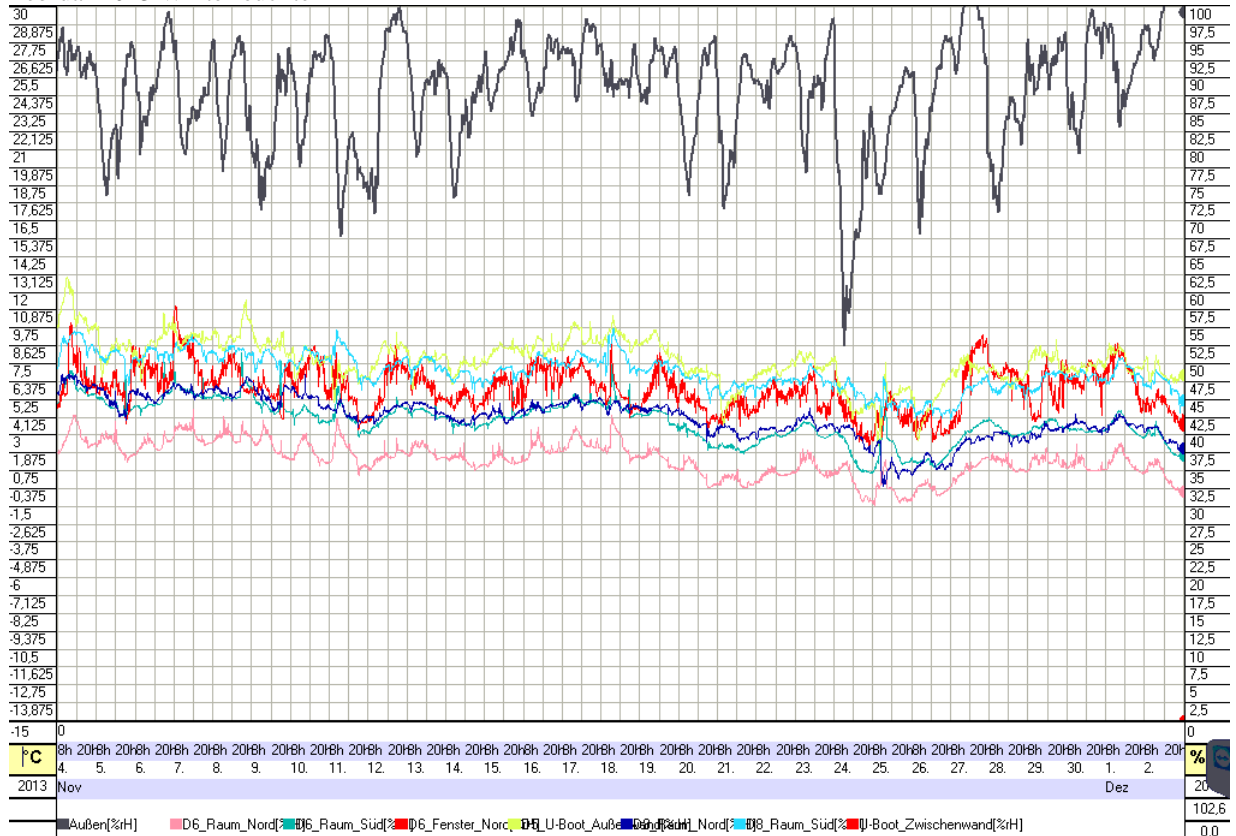
Januar 2013 Winterfeuchte



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17



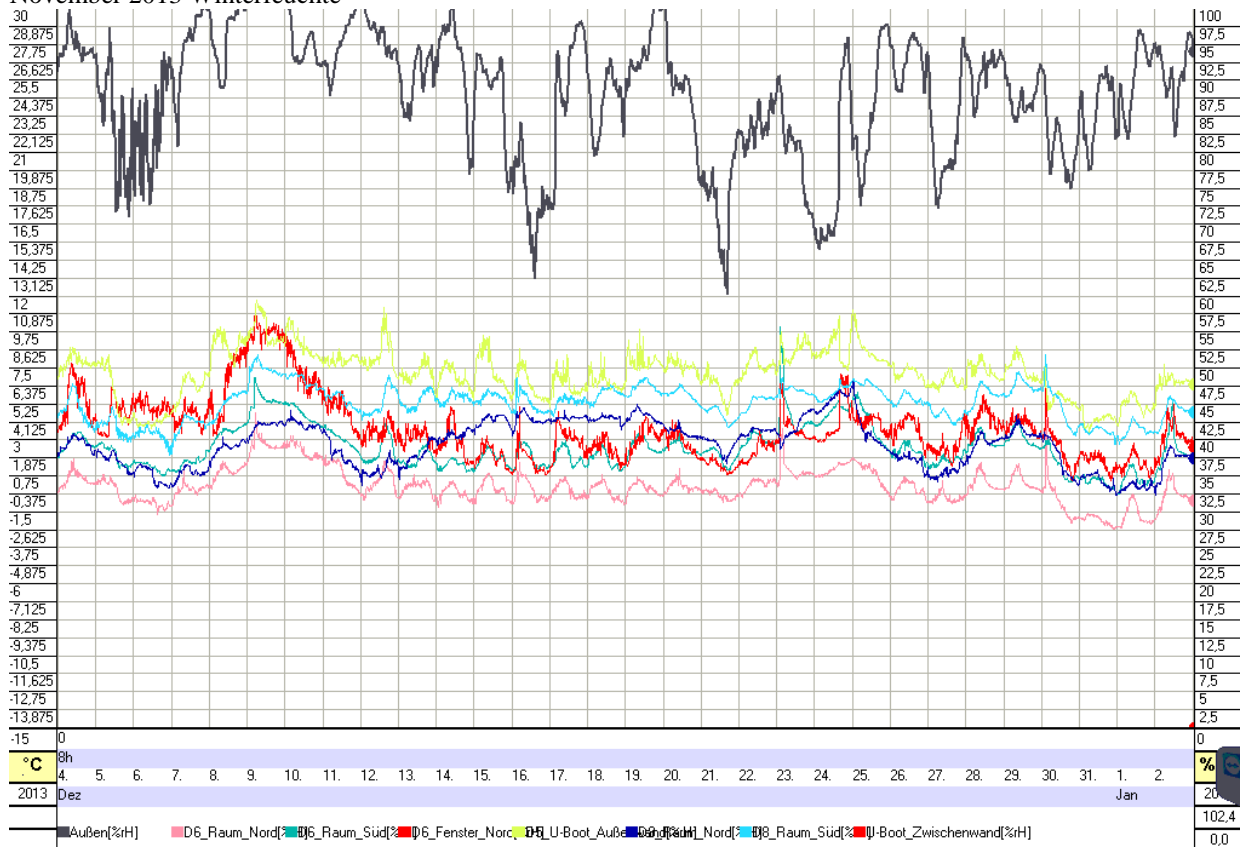
Februar 2013 Winterfeuchte



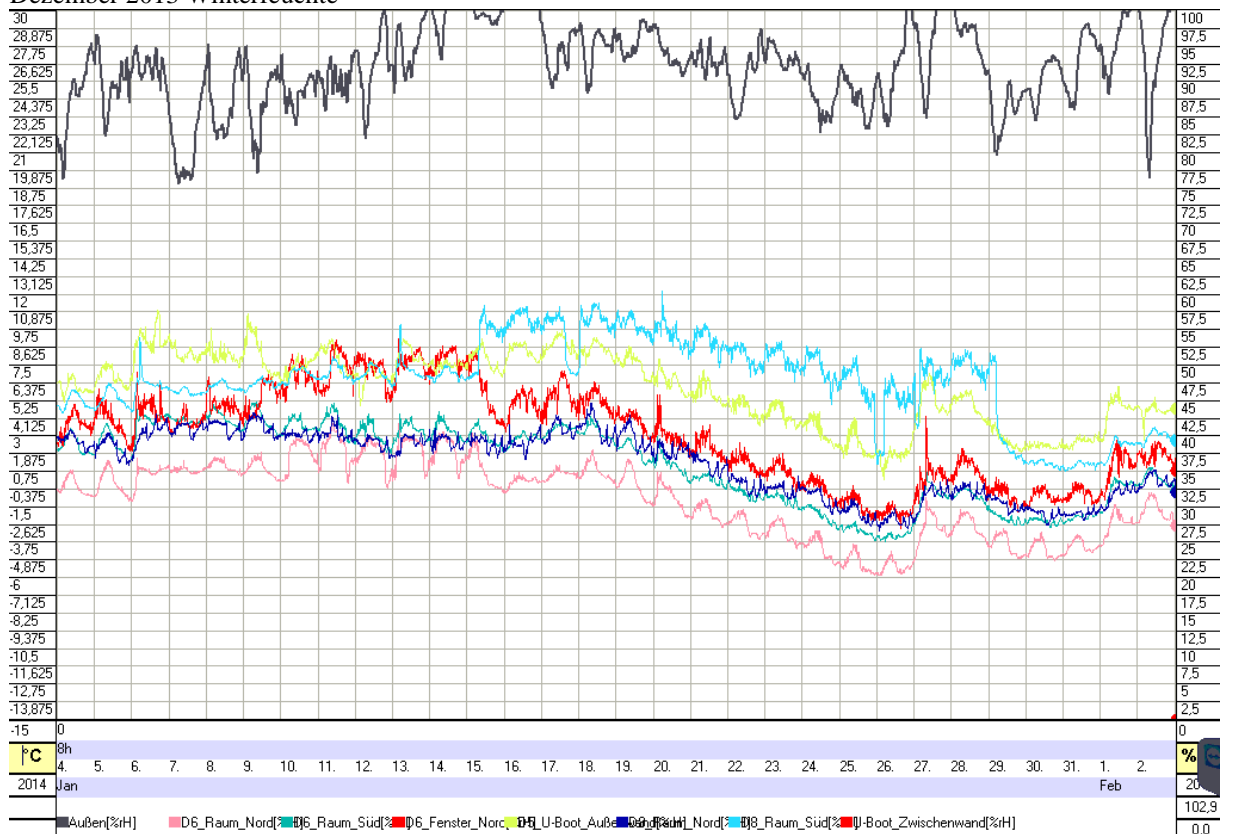


Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17

November 2013 Winterfeuchte



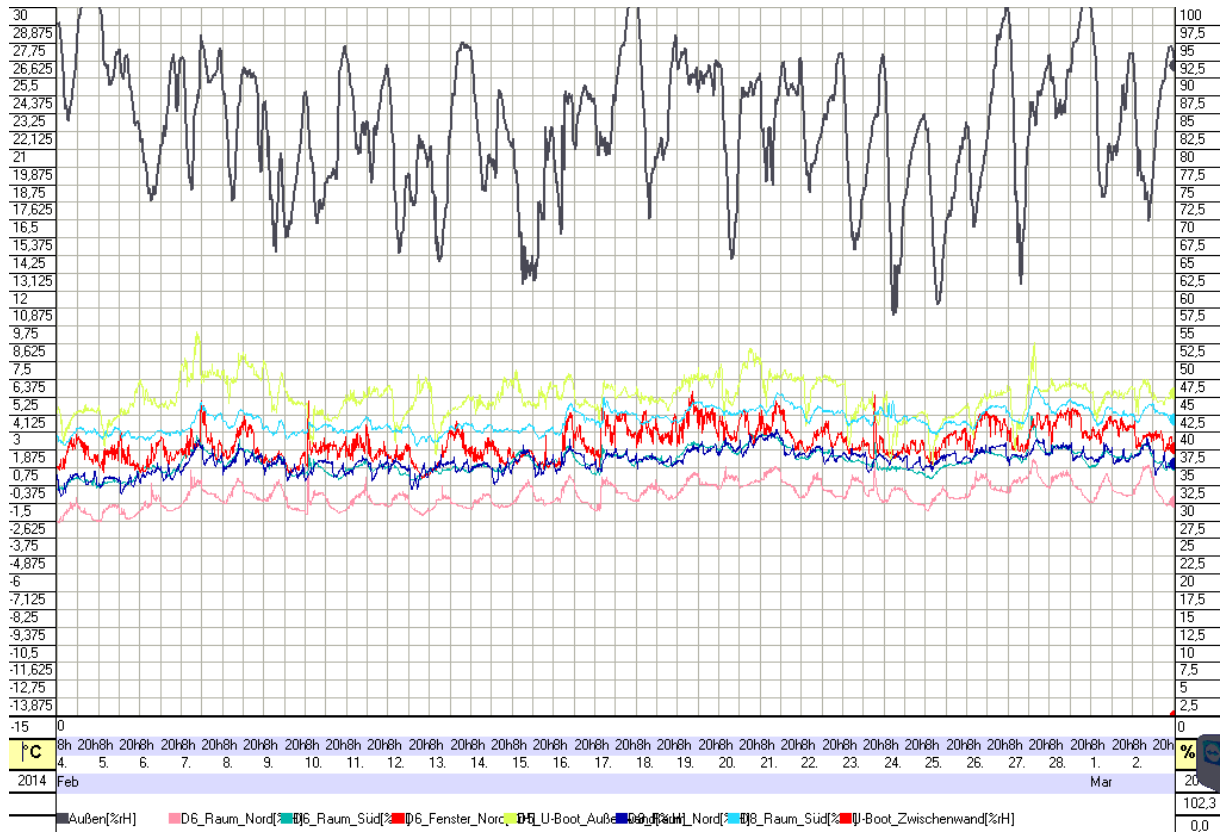
Dezember 2013 Winterfeuchte



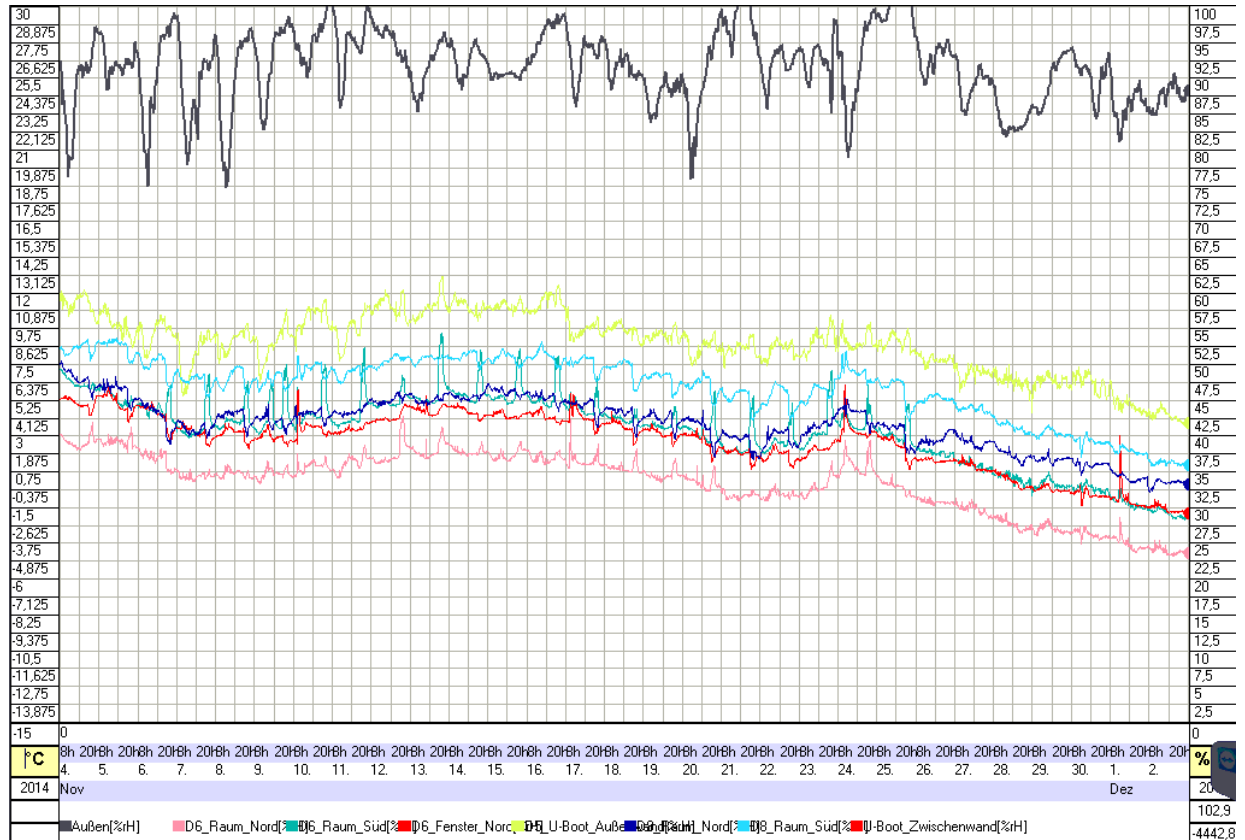
Januar 2014 Winterfeuchte



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17



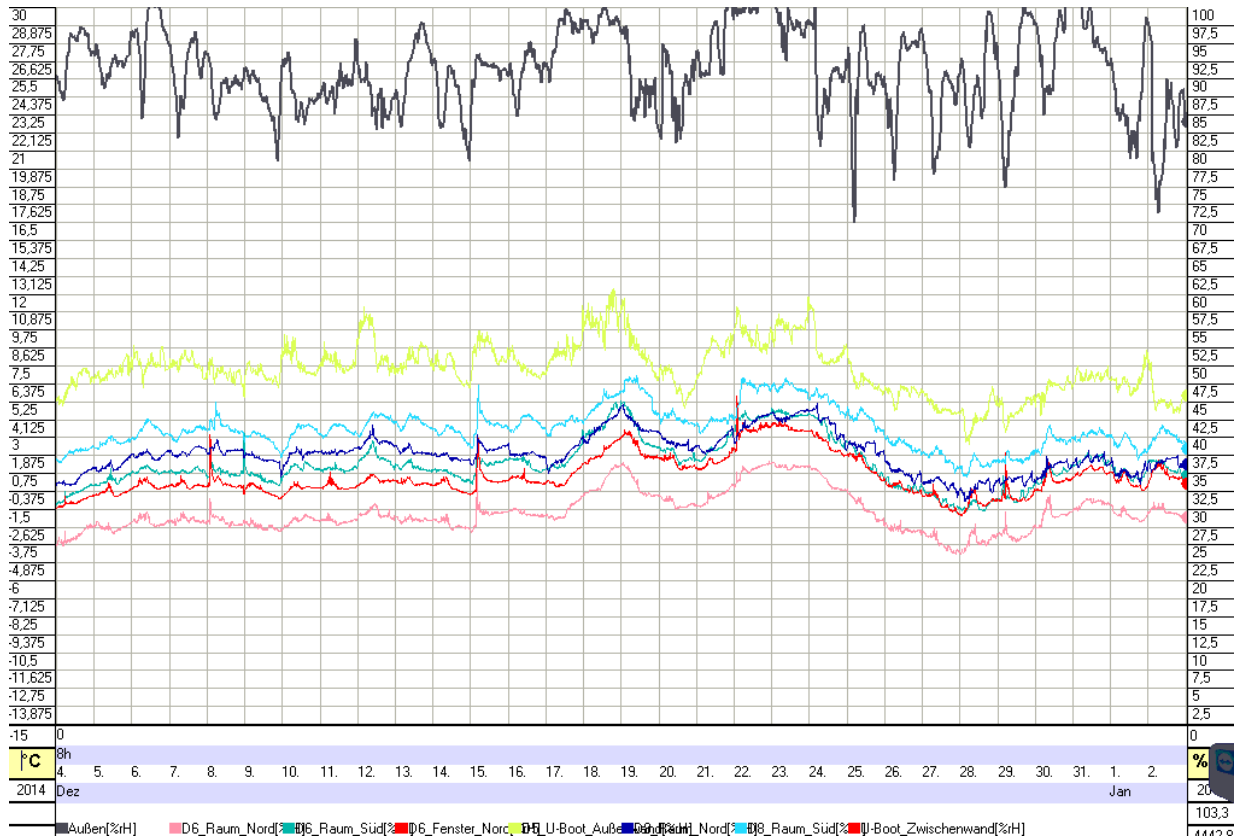
Februar 2014 Winterfeuchte



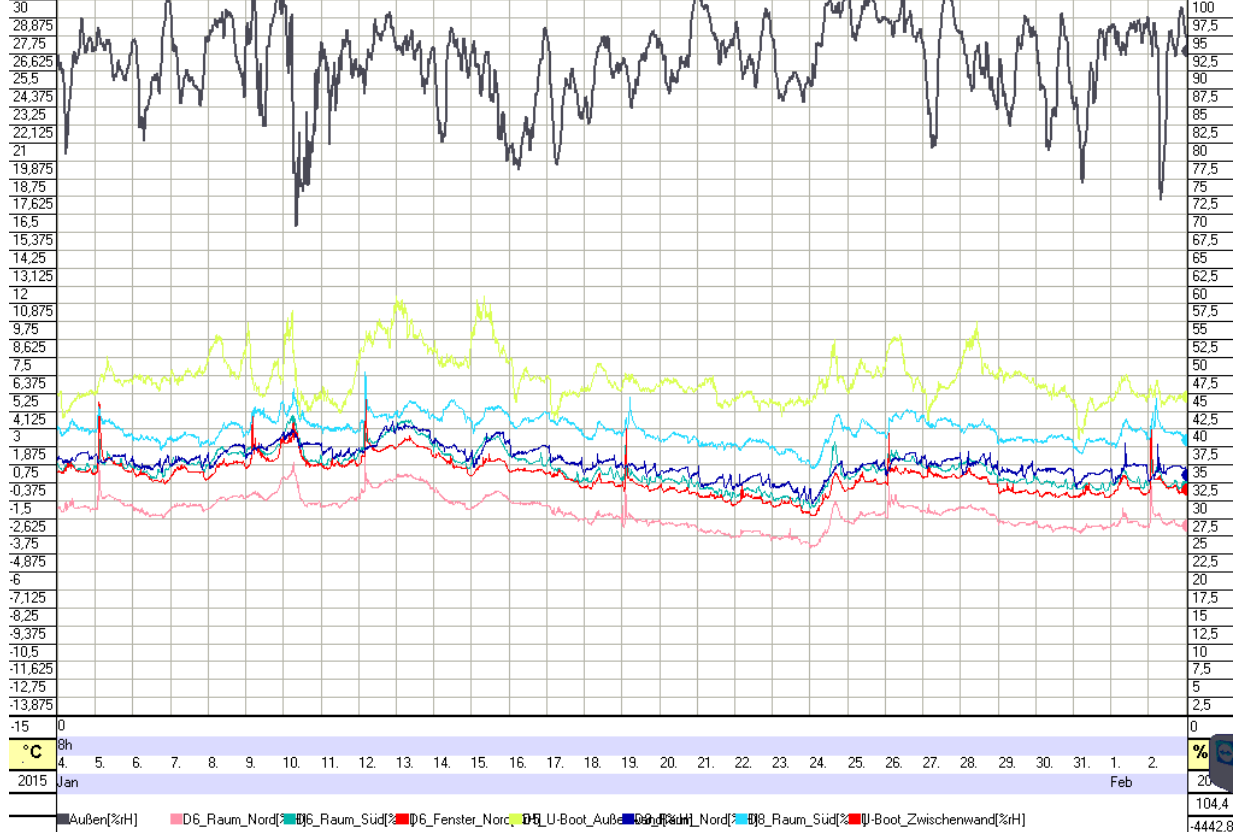
November 2014 Winterfeuchte



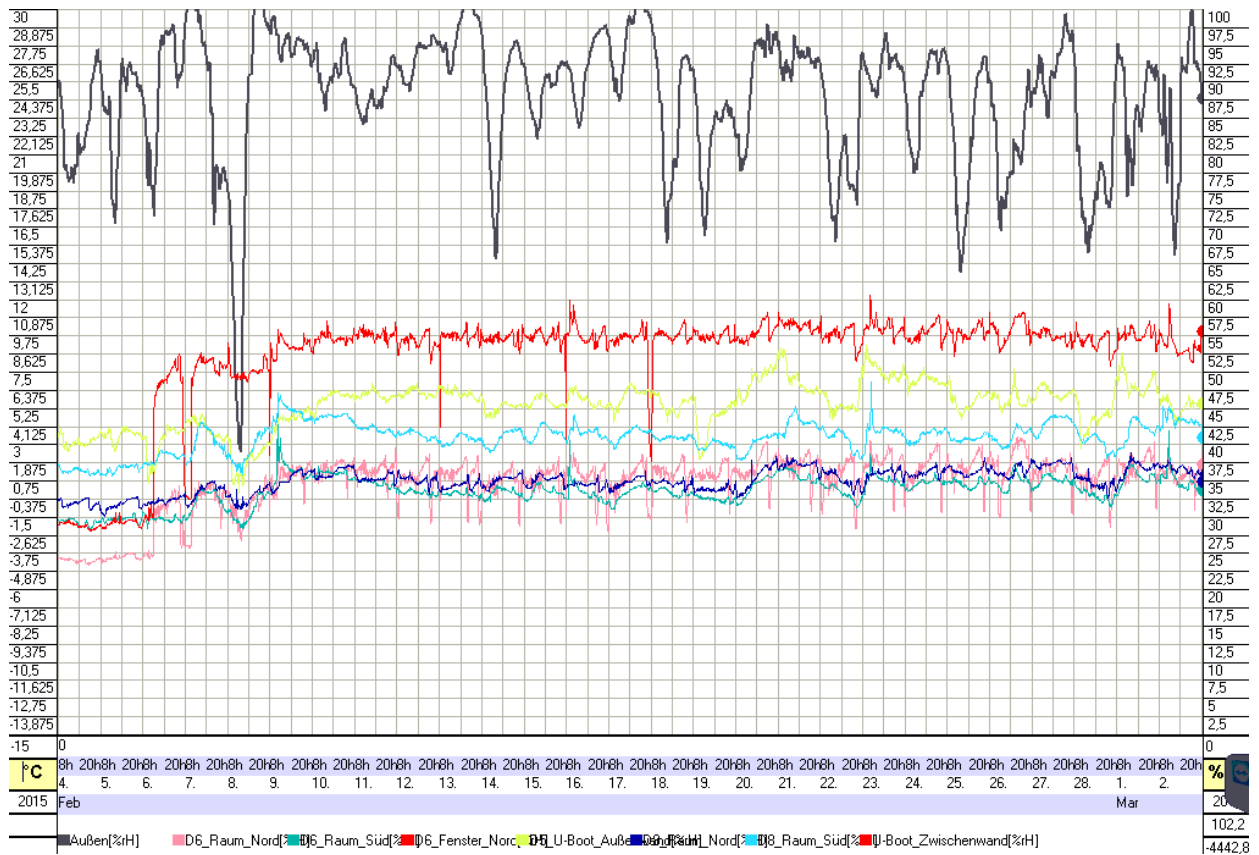
Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17



Dezember 2014 Winterfeuchte



Januar 2015 Winterfeuchte



Februar 2015 Winterfeuchte

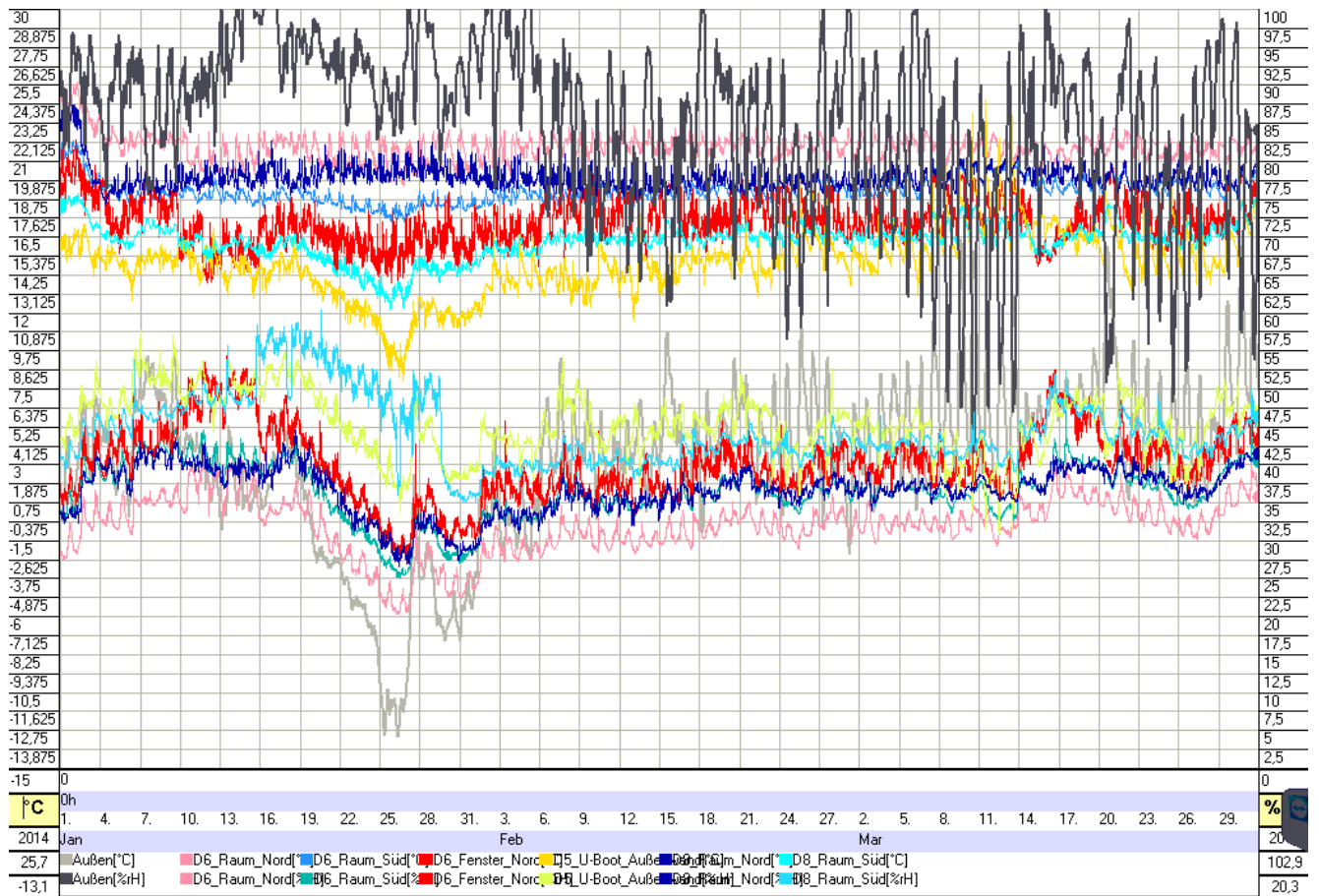
Vertiefende Messdatenanalysen der Jahre 2014 und 2015

Hier die Messdaten im 3 Monatsrhythmus mit Details und Ergänzungen

So zeigen die Monate Januar – März im Jahre 2014 sinnvolle und richtige Raumtemperaturen von ca. 16-20°C. Nur Raum Nord auf Deck 6 ist mit 22°C noch zu warm, denn seine rel. Feuchte fällt in dieser Messperiode weit unter 40%. In den restlichen Schauräumen liegt die rel. Feuchte zwischen 40 und 55%, was als gut eingestuft werden kann.

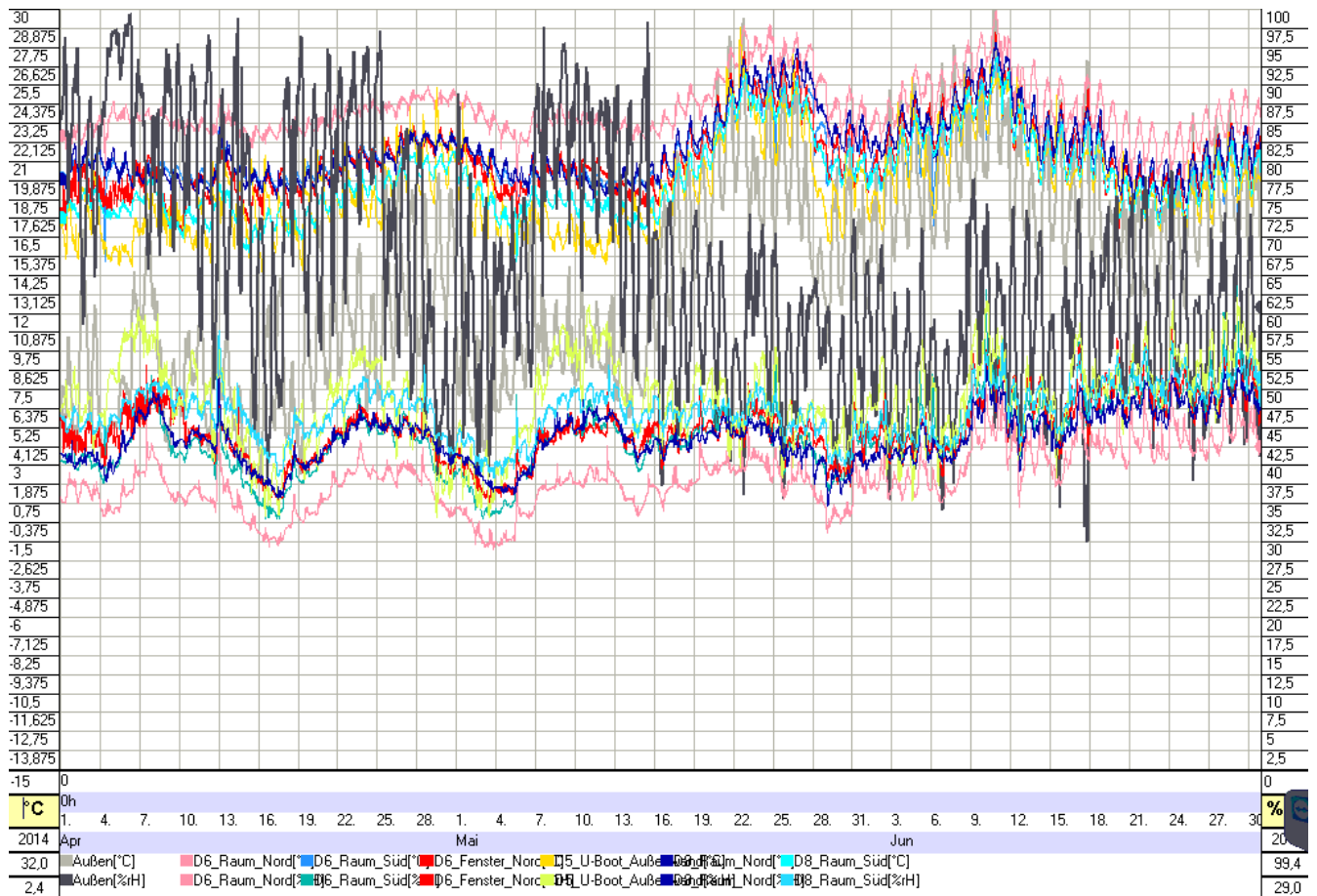


Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17



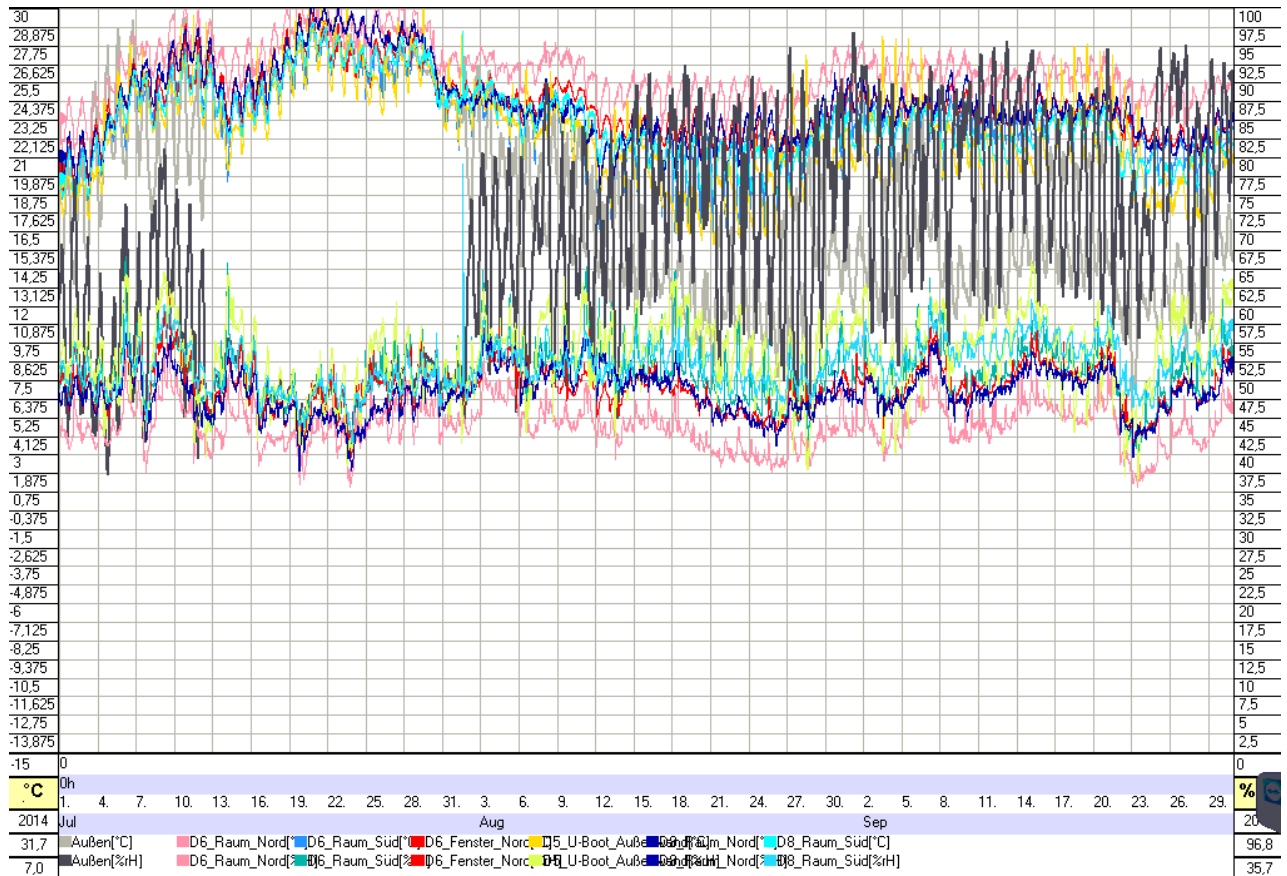
Messdaten Temperatur und Feuchte Jan., Feb. März, 2014

In den Monaten April bis Juni im Jahre 2014 sind zu Beginn im April die Temperaturen in den Schauräumen in Ordnung, bis – wie immer – im Raum Nord, Deck 6, der zu warm und daher auch zu trocken ist. Die restlichen Räume werden dann im Juni bis zu 28°C warm. Die Feuchte liegt generell zwischen 40 und 55%, was gut ist.



Messdaten Temperatur und Feuchte April, Mai, Juni 2014

Im Juli bis September 2014 steigt einmal die Raumtemperatur im Juli bis 30°C, was sehr (zu) warm für ein Museum ist. Es ist zu hoffen, dass die geplante Beschattung hilft, die Raumtemperaturen etwas zu senken. Fraglich ist, warum an solch heißen Tagen die Kühlung nicht aktiviert wird. Die rel. Feuchte liegt in dieser Zeit in den Schauräumen generell zwischen 40 und 60%, was als gut einzustufen ist.

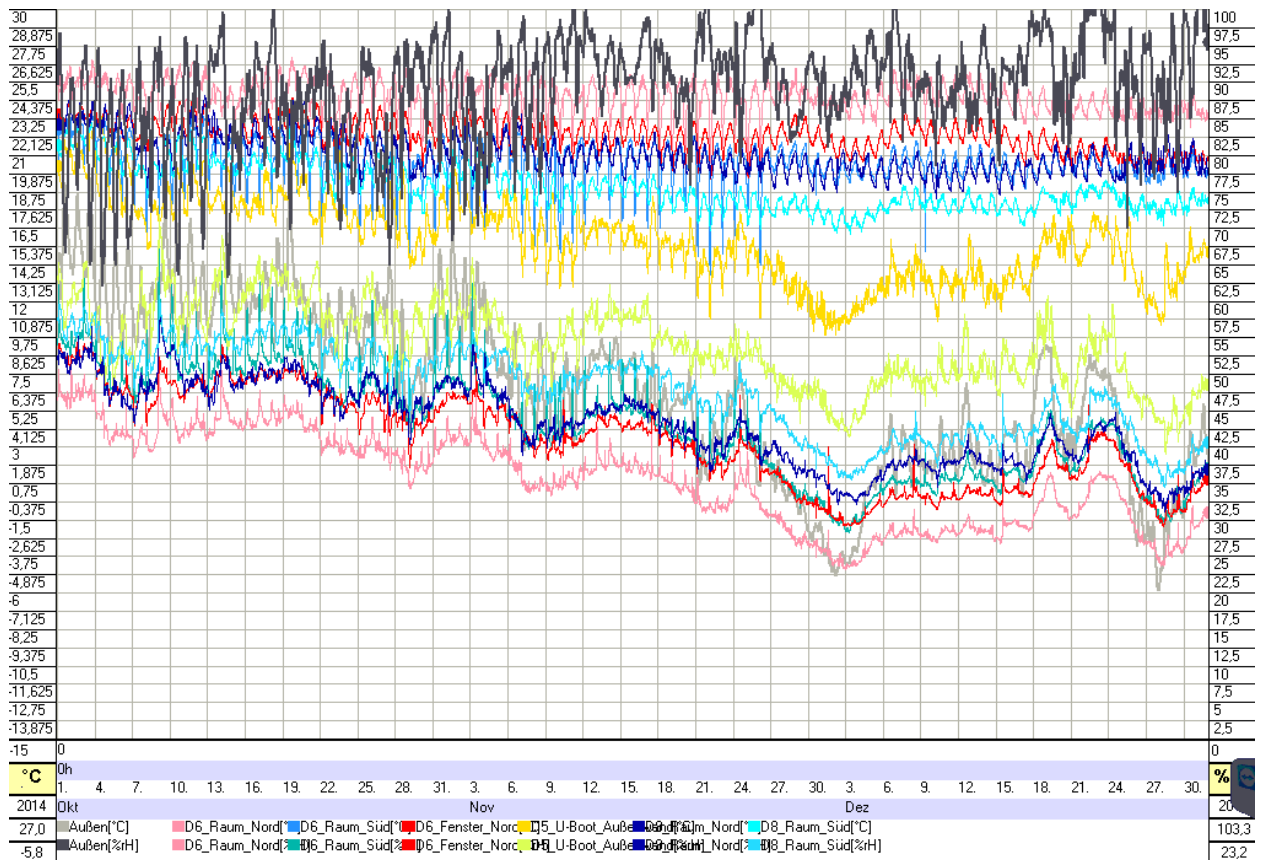


Messdaten Temperatur und Feuchte Juli, August, Sep. 2014

In den letzten 3 Monaten des Jahres 2014 ist Raum Nord in Deck 6 wieder viel zu warm, nämlich bei ca. 26-27°C und seine rel. Feuchte dementsprechend immer unter 40%, teilweise sogar unter 30%. Auch die restlichen Raumtemperaturen könnten noch 1-2°C abgesenkt werden. Das spart nicht nur Energie, sondern hilft auch, die rel. Feuchte leicht anzuheben.



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17

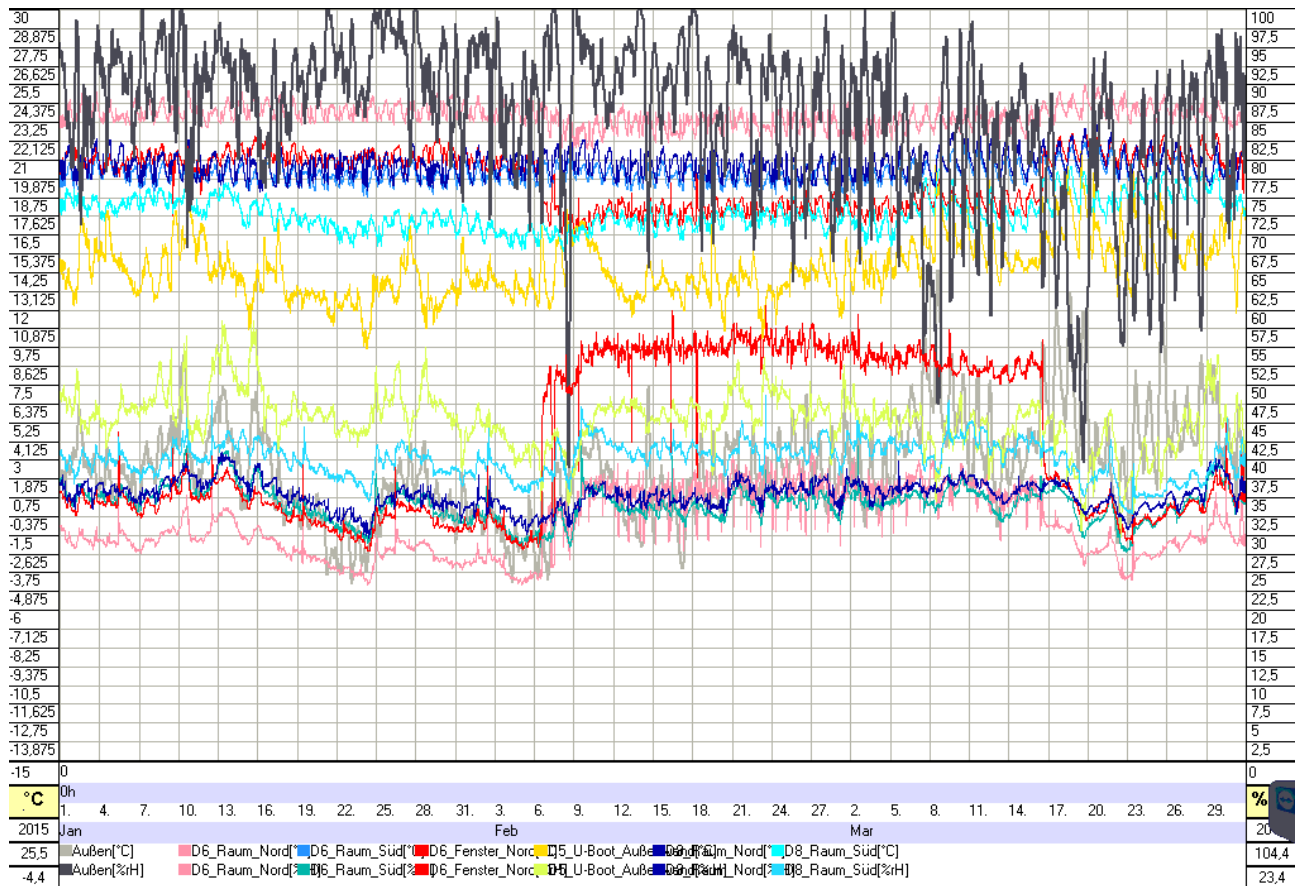


Messdaten Temperatur und Feuchte Oktober, Nov., Dez. 2014

Das Jahr 2015 ergibt ein ähnliches Bild bei den Raumklimakurven:
 Im Winter könnten generell die Raumtemperaturen noch etwas abgesenkt werden, insbesondere in Raum Nord auf Deck 6, der zu warm und zu trocken im Winter ist.

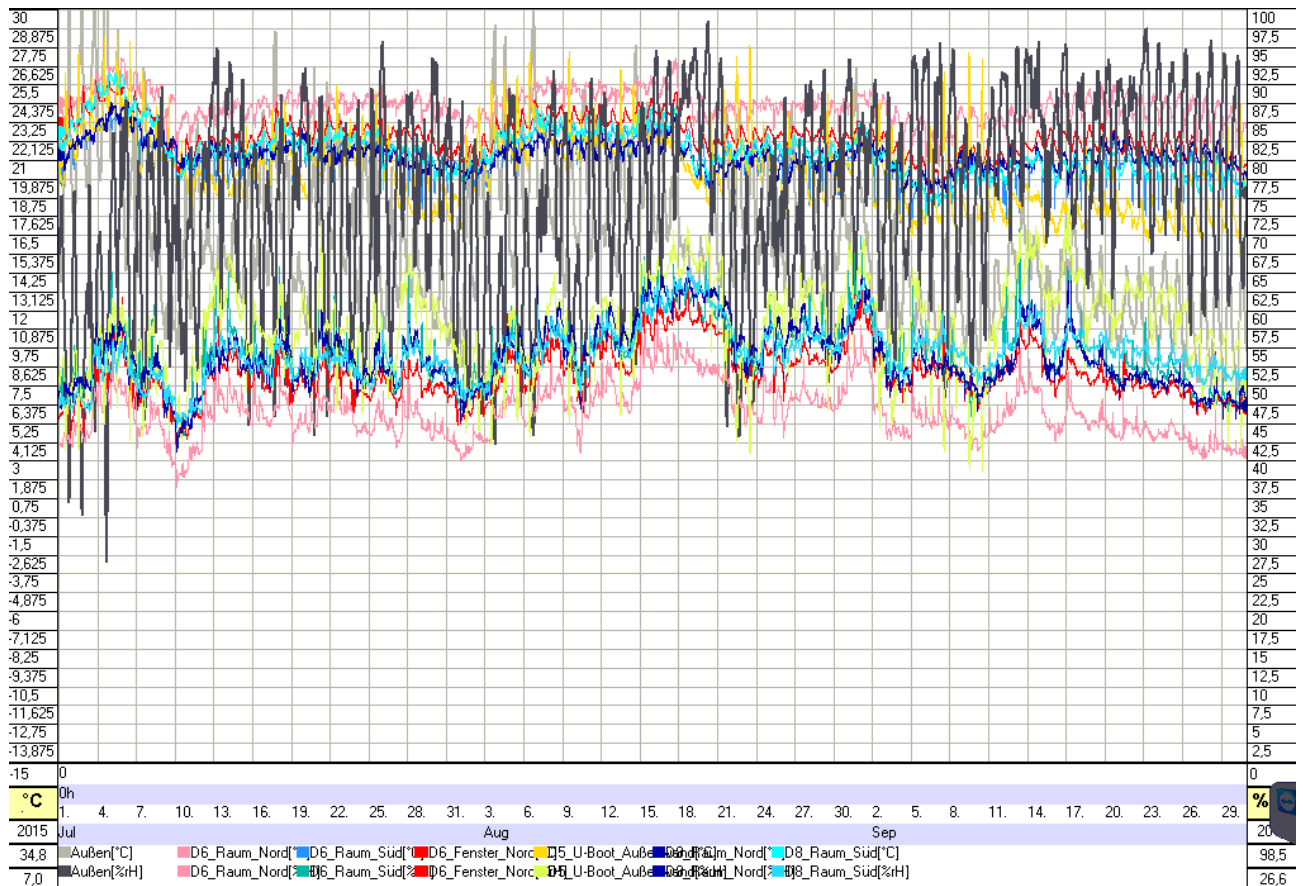


Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17



Messdaten Temperatur und Feuchte Jan., Feb. März, 2015

Hier ist sehr schön ab Mitte Februar 2015 der Einsatz der Kaltverdunster in Ebene 6 zu erkennen.



Messdaten Temperatur und Feuchte Juli, August, Sep. 2015

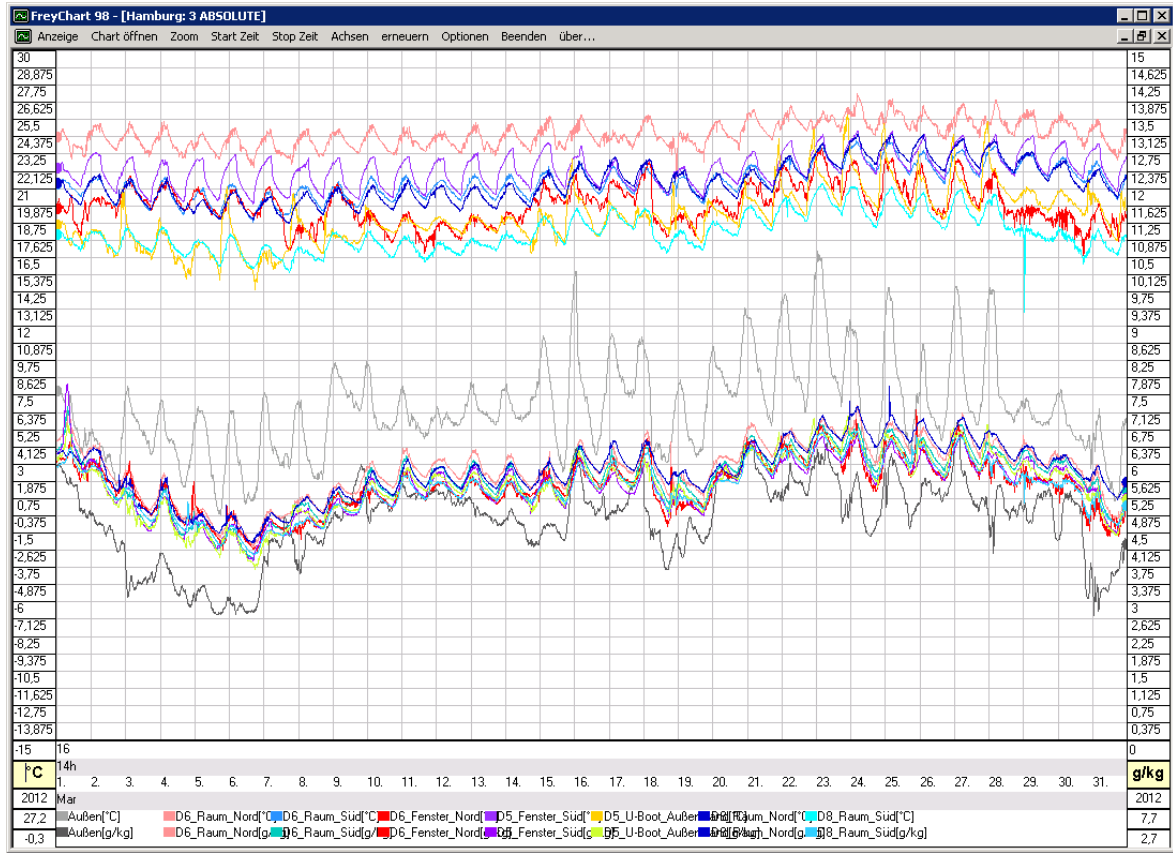
Im Sommer 2015, Juli bis September, sind die Raumtemperaturen im Maritimen Museum erstaunlich moderat, trotz des sonnigen und warmen Sommers. Die Raumtemperaturen steigen kaum über 24-25°C. Die relativen Raumfeuchten liegen ideal zwischen 40 und 60%.

Ad 4/5: Dichtung der Hülle:

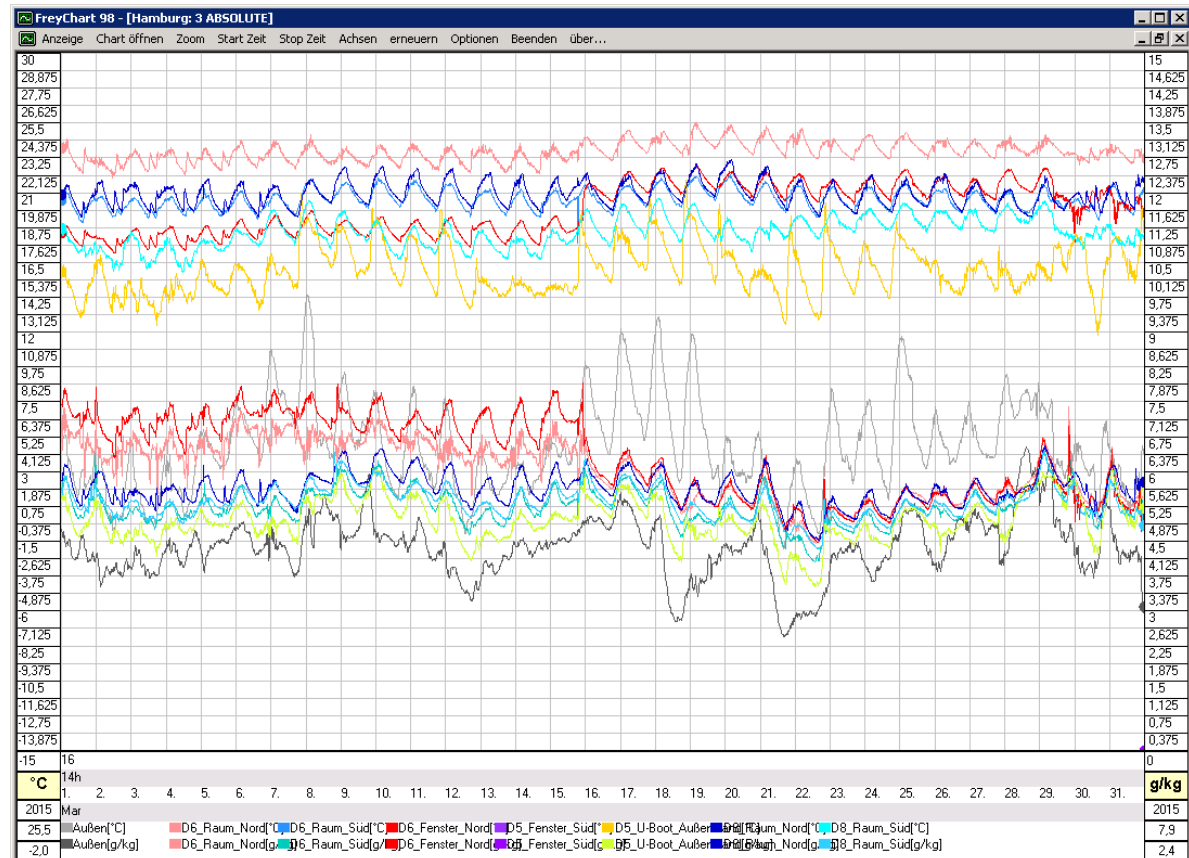
Die Analyse der absoluten Feuchten im genannten Messzeitraum März 2012 und März 2015 zeigt in der Folge deutlich, dass die Außenfeuchte im Jahre 2012 mit ihren Amplituden sehr stark in das interne Museumsklima durchschlägt. Man sieht, wie sich die innere Absolutfeuchten parallel zur Außenfeuchte bewegen.



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17



Absolutfeuchte innen/außen März 2012



Absolutfeuchte innen/außen März 2015

Es wurde zu dieser Analyse die Absolutfeuchte innen und außen verglichen, um die Temperaturunabhängigkeit der relativen Feuchte zu gewährleisten. Es ist in den Messdaten März 2015 nachzuvollziehen, dass sich die absolute Innenfeuchte erheblich unabhängiger und gedämpfter von Außenfeuchte bewegt. Damit kann der Nachweis erbracht werden, dass die durch das Museum zu circa 80 % durchgeführte Abdichtung der Fenster dem Innenraumklima zuträglich war.

Ad 6: Außenbeschattung:

Es wurde durch den Planer dem Museum ein entsprechendes Probenstück Streckmetall übermittelt mit der Bitte, ein solches Streckmetall in den Fensterkasten eines nach Süden gerichteten Fensters einzubringen und im Sommer einen leichten Hinterlüftungsspalt einzurichten, damit die, durch die Beschattung generiert Wärme nach außen abgelüftet werden kann.

Die folgenden Fotos zeigen einen Typ eines Außenfensters im Maritimen Museum und ein in einem Verbundfenster eines Museums angebrachte Streckmetallbeschattung.



Blick auf ein Fenster des Maritimen Museums Blick auf Versuchsmontage Streckmetall im Josefinum

Ad 7: Leuchtmitteltausch:

Es wurde laufend im Maritimen Museum von 2015 bis zum Jahre 2017 die Bestandshalogenbeleuchtung gegen eine LED Beleuchtung ausgetauscht. Diese Maßnahme wurde außerhalb der Förderung durch die DBU durchgeführt. Aufgrund der Sinnhaftigkeit und Vorbildwirkung dieser Maßnahme wird sie dennoch mit wenigen Details in diesem Forschungsendbericht für die DBU erwähnt.

In die derzeit bestehenden GU 10 Sockeln der Erco Leuchten mit einer Leistung von 25 bzw. 35 W pro Halogenleuchte wurden 3W LED Leuchtmittel der US amerikanischen Firma Sora montiert. Durch diesen Leuchtmitteltausch, der im 3. Quartal 2015 fertig gestellt wurde, wurden bei 2.704 Leuchtmitteln nicht nur erheblich Stromverbräuche in Höhe von rund 200.000 kWh eingespart, sondern gleichzeitig auch weniger interne Lasten in Höhe von rund 64kW in das Museum gebracht,



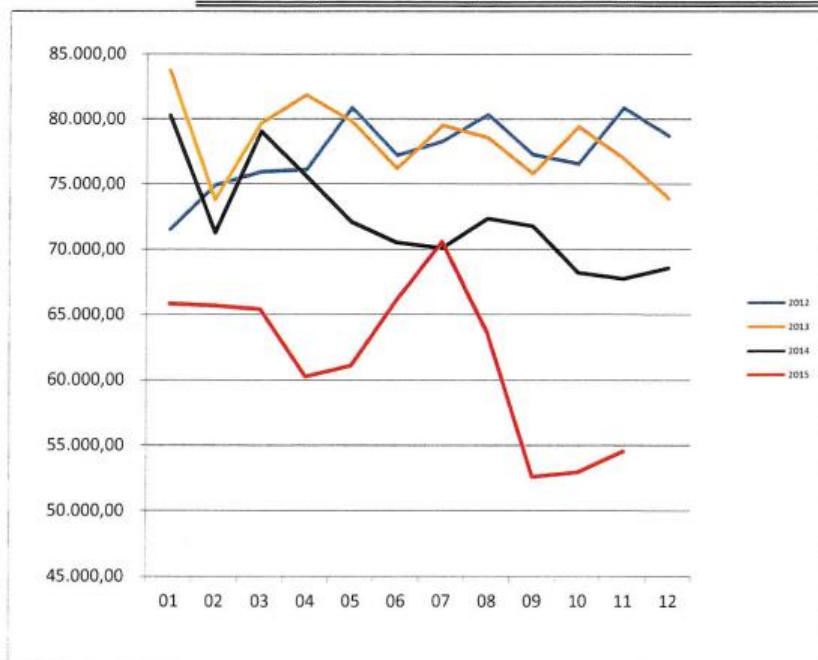
Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17

was bei dieser hohen Anzahl von Leuchten gerade gegen die sommerliche Überwärmung ganz wichtig und wesentlich ist.

Dieser Leuchtmitteltausch wurde nicht mit dem Hersteller der Beleuchtungskörper, Firma Erco, durchgeführt.

Verbrauch

	Strom			
	2012	2013	2014	2015
	KW/h	KW/h	KW/h	KW/h
Jan	71.500,00	83.720,00	80.258,00	65.806,00
Feb	74.912,00	73.772,00	71.260,00	65.640,00
Mrz	75.956,00	79.670,00	79.068,00	65.388,00
Apr	76.112,00	81.848,00	75.618,00	60.236,00
Mai	80.878,00	79.822,00	72.096,00	61.062,00
Jun	77.218,00	76.204,00	70.522,00	66.056,00
Jul	78.304,00	79.530,00	70.100,00	70.574,00
Aug	80.358,00	78.568,00	72.366,00	63.586,00
Sep	77.286,00	75.794,00	71.788,00	52.570,00
Okt	76.552,00	79.408,00	68.210,00	52.932,00
Nov	80.854,00	76.950,00	67.746,00	54.508,00
Dez	78.692,00	73.884,00	68.578,00	
Gesamt:	928.622,00	939.170,00	867.610,00	678.358,00



Reduktion der Stromkosten durch Einbau neuer, stromsparenden LED-Leuchtmittel

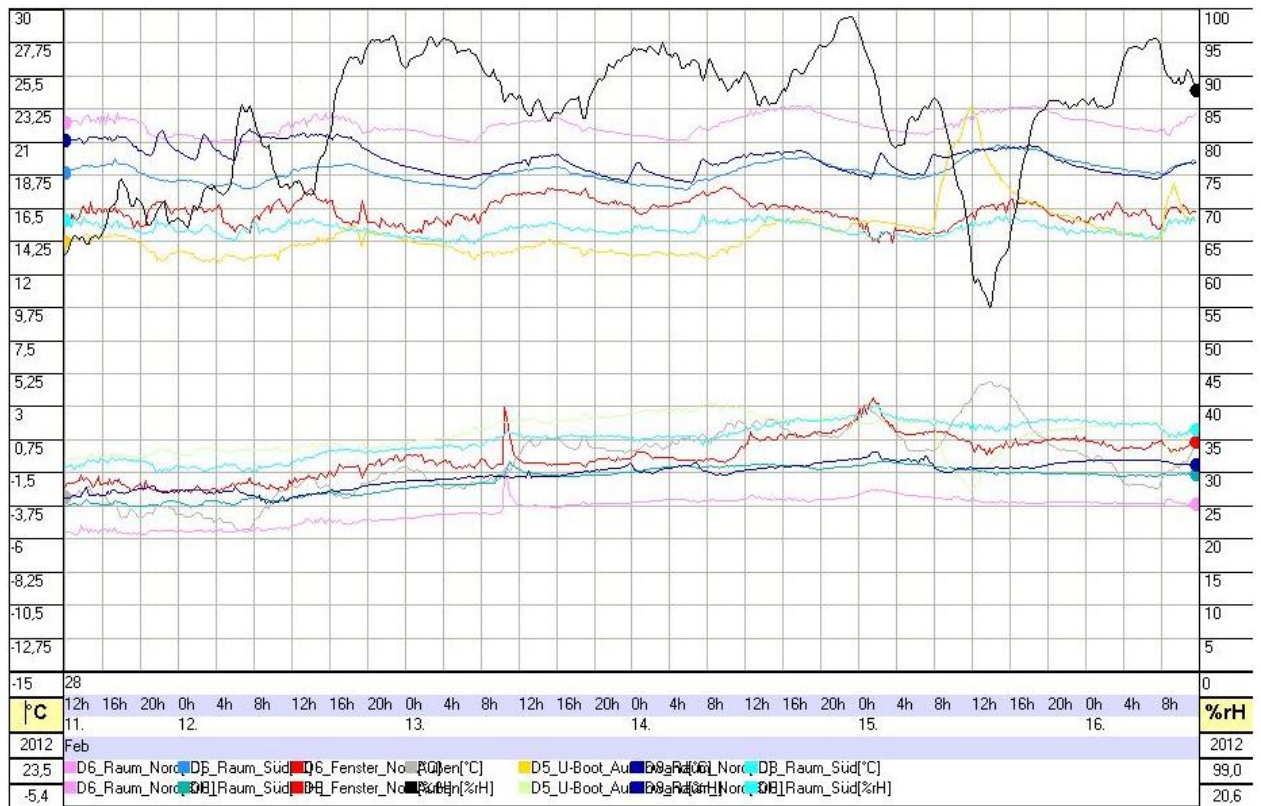
Ad 8: Einsatz von dezentralen Kaltbefeuchtern

Was den empfohlenen Einsatz von dezentralen Kaltbefeuchtern anbelangt, so wurden gem. der Empfehlung des Planers jeweils 16 Stück B 500 Luftbefeuchter der Fa. Brune im Museum aufgestellt.

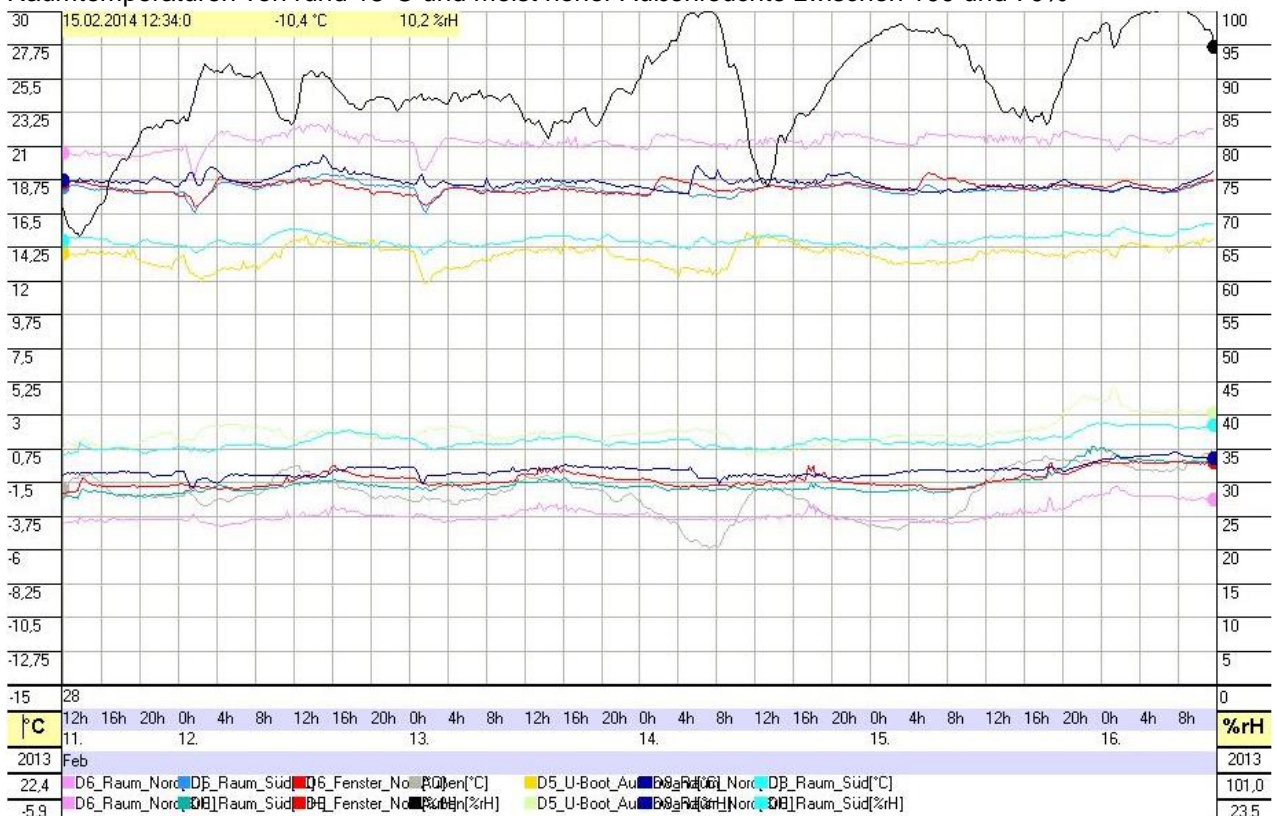
Nach einer sehr genauen, ausführlichen Analyse der Firma Clima-Control, Brune, wurden dezentrale Kaltverdunster aufgestellt und in Betrieb genommen, die eindeutig und klar bei den Messdaten nachvollziehbare winterliche Feuchteverbesserungen im Raumklima nachweisen konnten.



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17



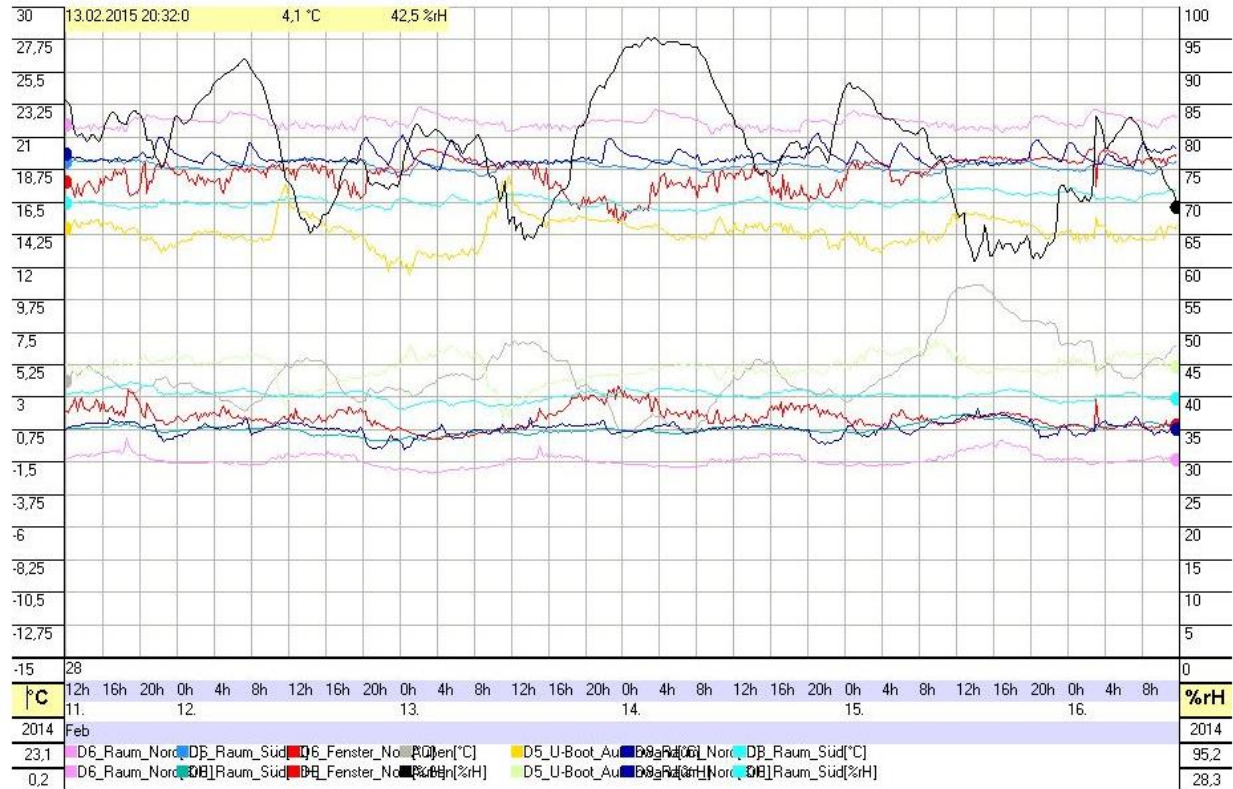
Raumklima im Februar 2012 auf Deck 6 im Bereich von 30-40% r.F (Ohne Befeuchter) bei Raumtemperaturen von rund 18°C und meist hoher Außenfeuchte zwischen 100 und 70%



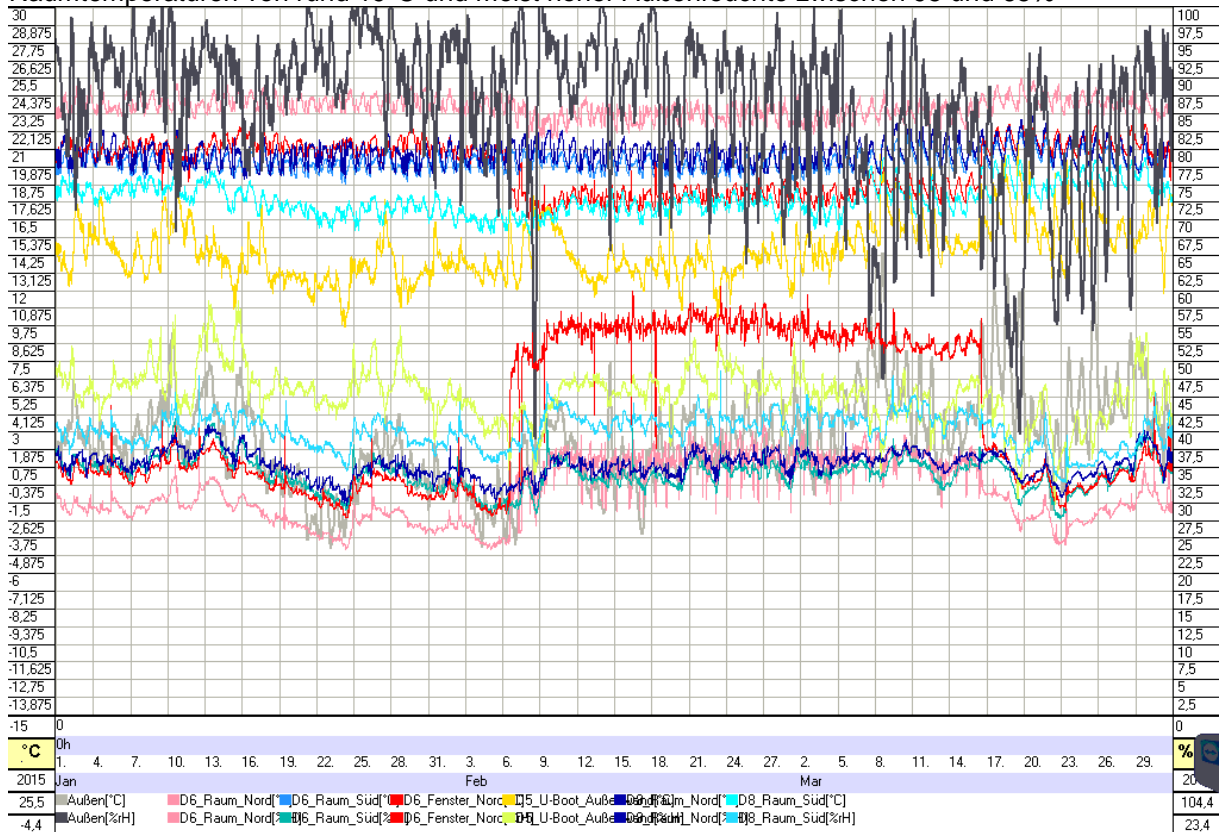
Raumklima im Februar 2013 auf Deck 6 im Bereich von 30-35% r.F (Ohne Befeuchter) bei Raumtemperaturen von rund 21°C und meist hoher Außenfeuchte zwischen 100 und 80%



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17



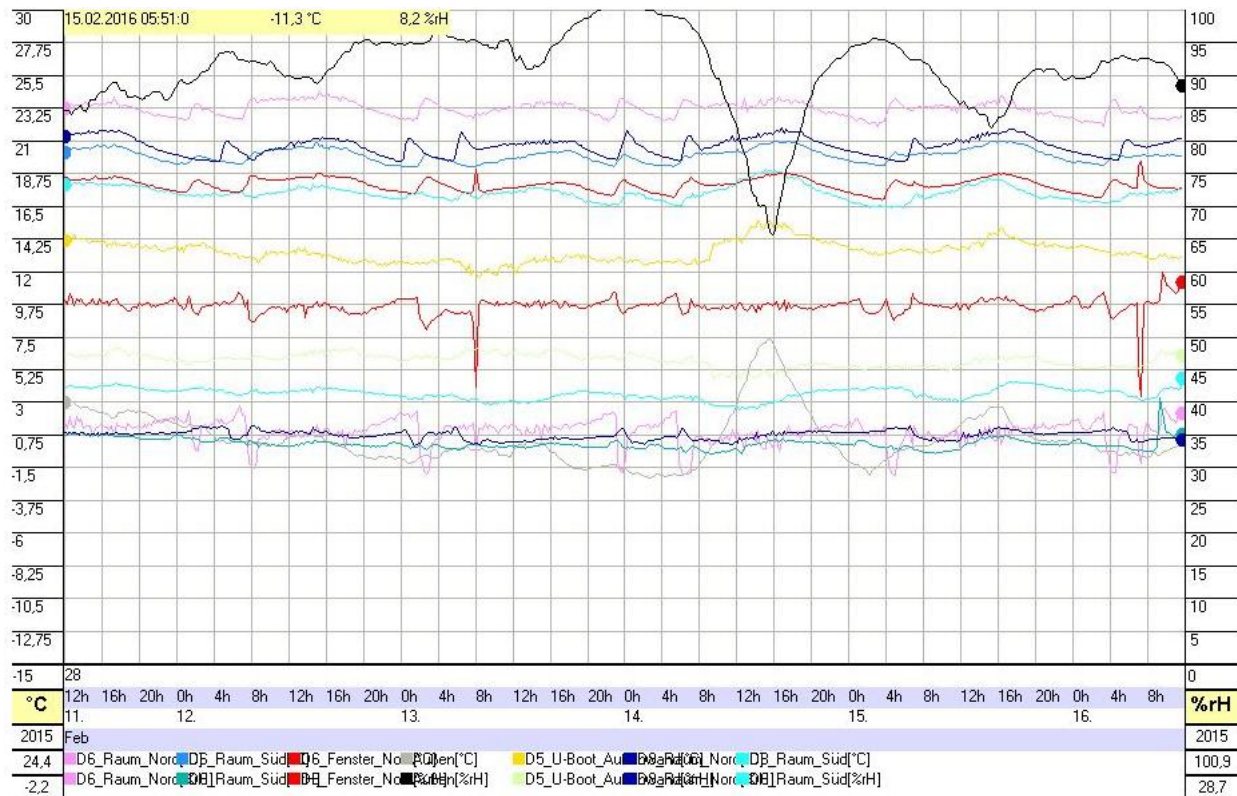
Raumklima im Februar 2014 auf Deck 6 im Bereich von 35-40% r.F (Ohne Befeuchter) bei Raumtemperaturen von rund 19°C und meist hoher Außenfeuchte zwischen 95 und 65%



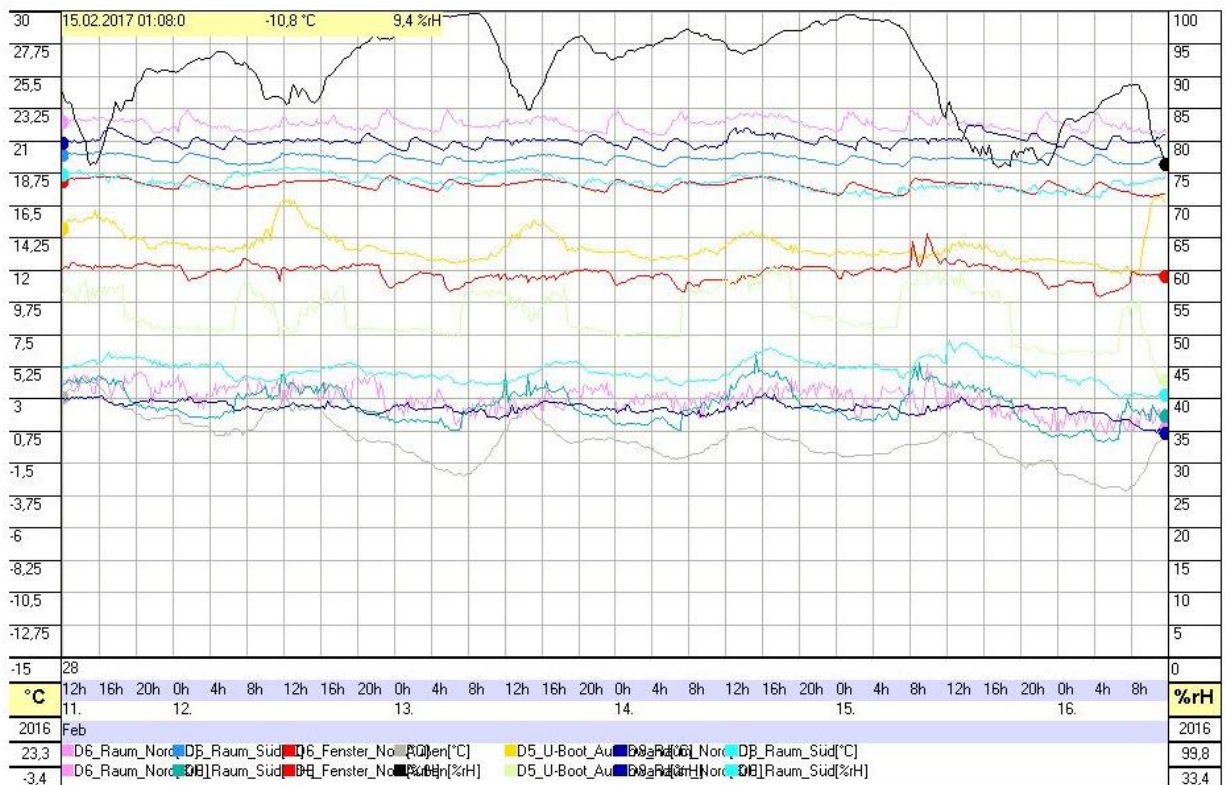
Einsatz des bzw. der Kaltverdunster Anfang Februar 2015 auf Deck 6 bis Mitte März 2015 bei Raumtemperaturen von 25-26°C auf Deck 6 (zu warm!) Die Raumfeuchte pendelt sich bei ca. 55% ein – aber sehr **zackenreich!**



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17



Einsatz der Befeuchter in Ebene 6 in der Woche vom 11-16. Februar 2015 mit guten, stabilen Werten bei 55%, bei sinnvollen Raumtemperaturen von ca. 18-19°C

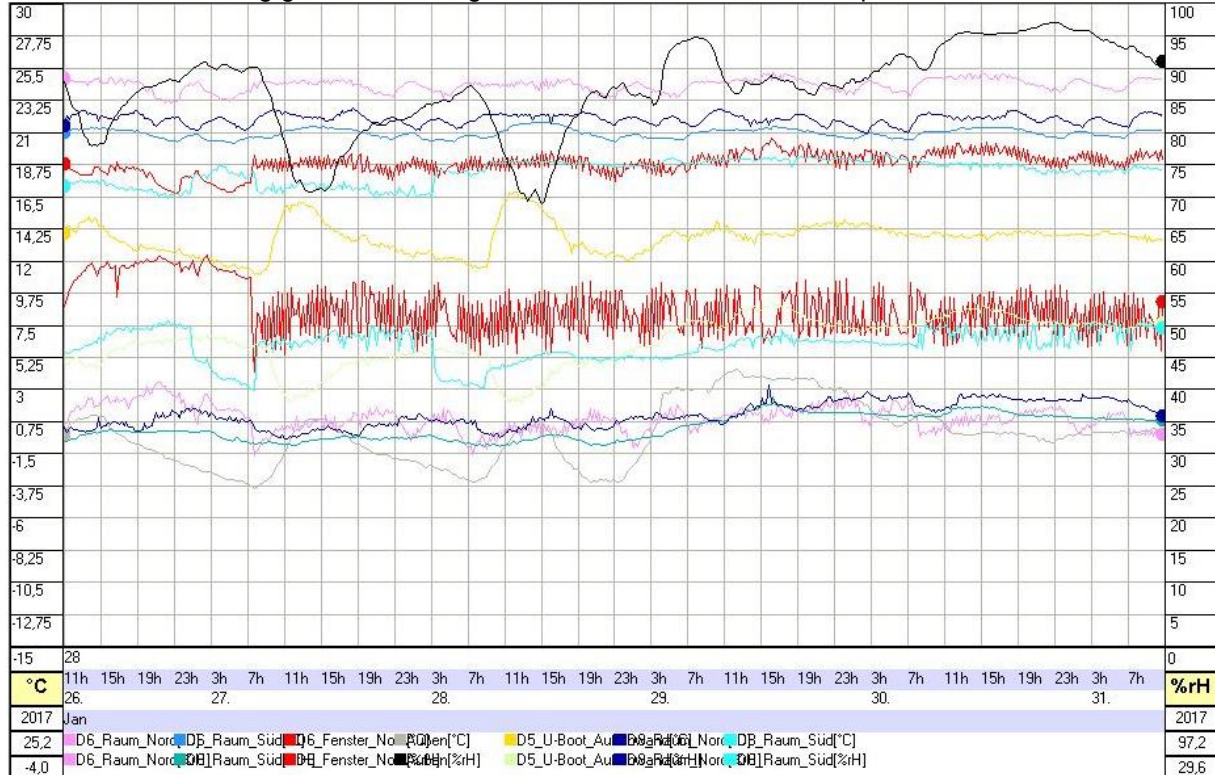


Einsatz der Befeuchter in Ebene 6 in der Woche vom 11-16. Februar 2016 mit (unnötig hohen), stabilen Werten bei 60%, bei wieder zu hohen Raumtemperaturen von ca. 22-23°C

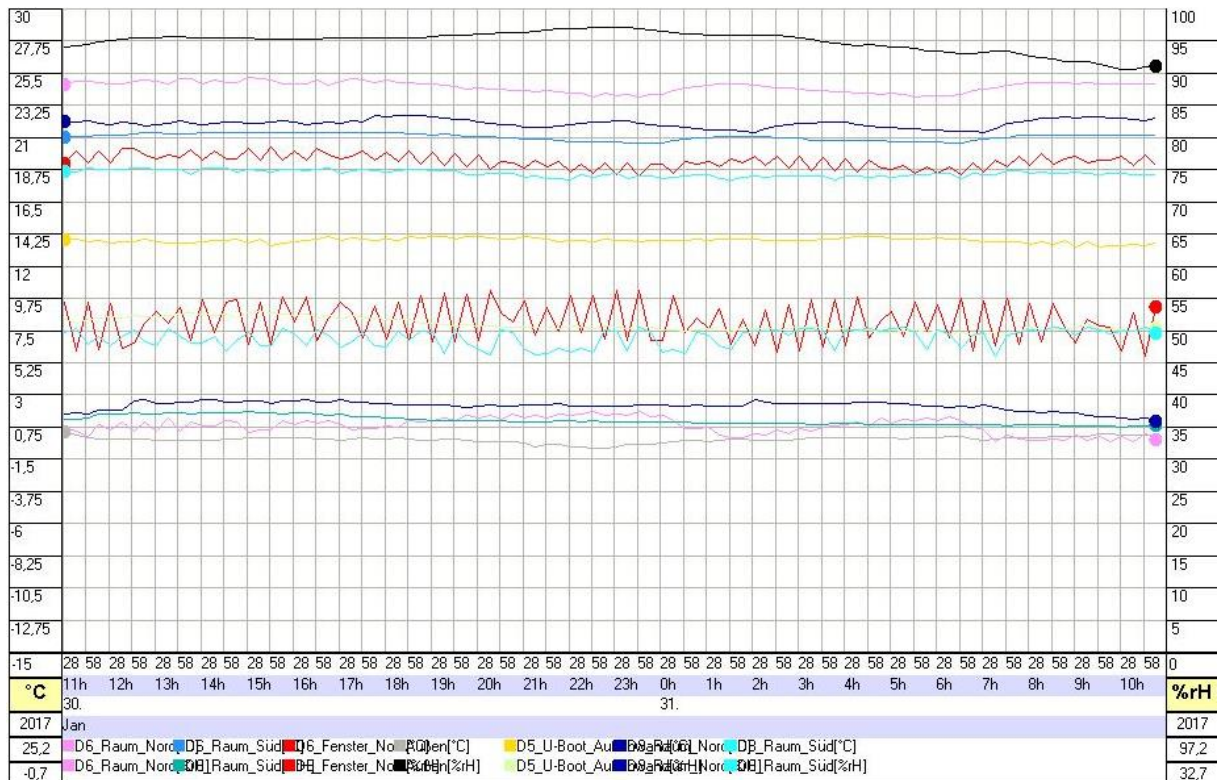


Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17

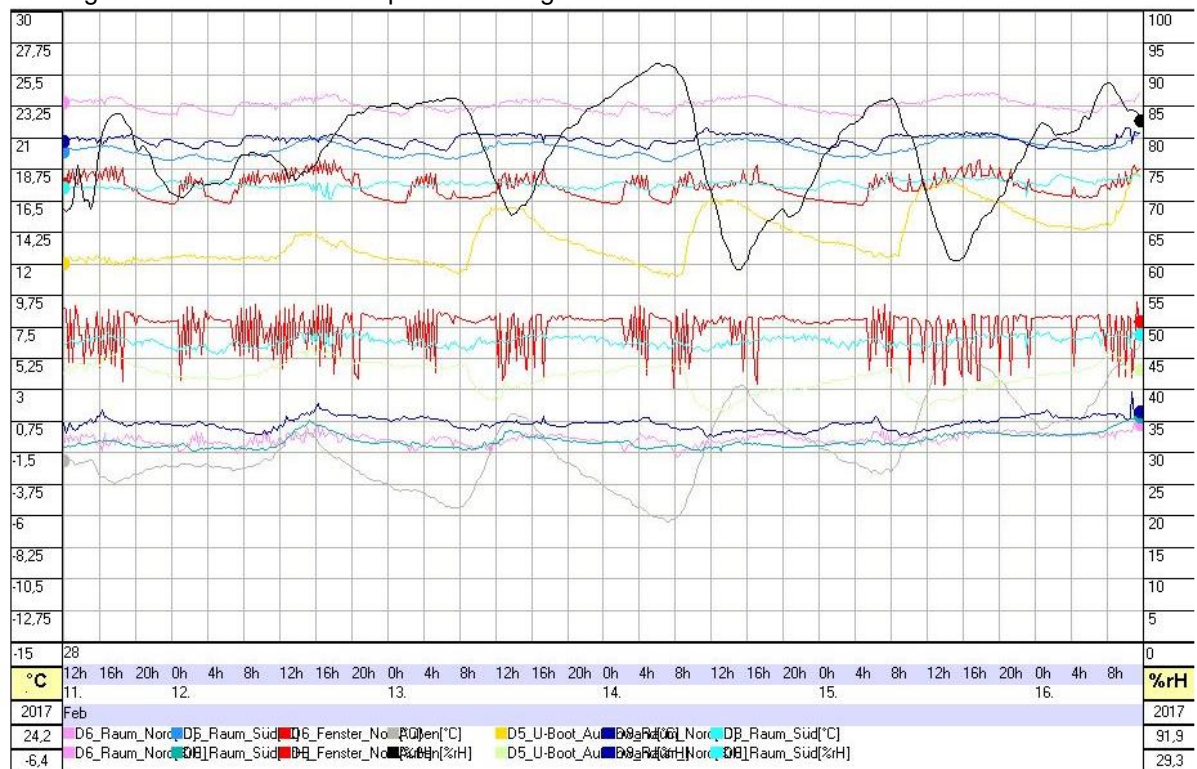
Leider haben aber genaue Messdatenanalysen, wie den Graphen in der Folge zum Einsatz dieser Kaltverdunster und ‚Lupen‘ zu entnehmen ist, der Einsatz dieser Kaltverdunster zu erheblicher Feuchte Zackenbildung geführt, die der geforderten Klimastabilität widerspricht.



5 Tage im Jan 2017 ab dem 27.1. 2017 zeigen ein Phänomen der Befeuchter, dem sofort gegengesteuert werden muss: Die Feuchteanreicherung im Schauraum zeigt einen extrem zackigen Verlauf, der höchst ungünstig für die Exponate ist.



Die Lupe über 2 Tage im Januar 2017 zeigt Feuchtesprünge innerhalb 1 Stunde von ca. 10%. Dementsprechend bewegt sich auch die Raumtemperatur in Zacken, da Befeuchtung (adiabate) Kühlung bedeutet. Die Raumtemperatur beträgt sinnvolle ca. 20°C.



Diese Beobachtungswoche vom 11. Bis 16. Februar 2017 zeigt starke Feuchtesprünge in Ebene 6 nach unten, ausgehend von Wärmequellen in Ebene 6 – oder Ähnliches – die den Feuchtezustand in Ebene 6 unregelmäßig um ca. 10% im ca. 4h Rhythmus springen lassen. Da die Zacken nach unten



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17

gehen, spricht dies für ein Abschalten des Kaltverdunsters gem. Zeitschaltuhr (?) oder Stromabschaltung (?) nachts.

Was die Aufstellung von dezentralen Kaltverdunstern gegen winterliche Trockenheit anbelangt, so ist dazu Folgendes zu sagen:

Im Maritimen Museum sind im Winter die Kaltverdunster in Schauräumen mit wertvollen Exponaten notwendig.

Vor deren Einsatz sollte aber immer zuerst die Raumtemperatur auf ein erträgliches Maß reduziert werden. Ferner müssen Kaltverdunster über die Raumklimadaten genau beobachtet werden, damit sie kein zackiges Mikroklima im Raum schaffen.

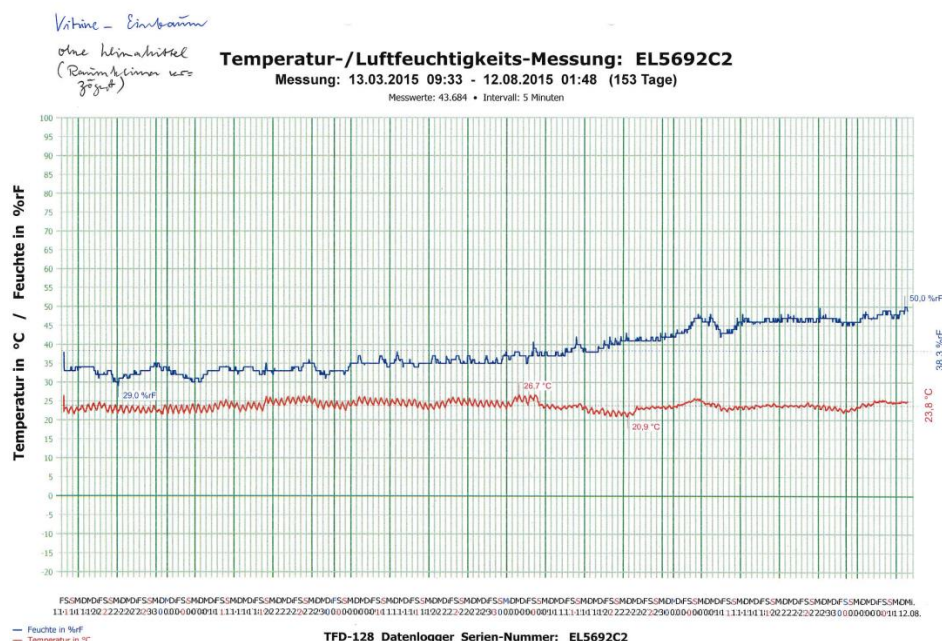
Kaltverdunster sollten nur dann aktiviert werden, wenn die relative Feuchte im Raum längerfristig unter 40% fällt und entsprechende empfindliche Exponate sich im Raum befinden. Es darf nicht vergessen werden, dass jede Maschine im Raum bei ihrem Betrieb Wärme erzeugt, Energie verbraucht und um so mehr Wartung benötigt, je länger sie läuft.

Ergebnis dieser Detailbetrachtungen:

Nach Beseitigung der Mängel der Feuchtesprünge aufgrund des Einsatzes der Kaltverdunster, wird empfohlen, nach Reduktion der winterlichen Raumtemperaturen auf ca. 20°C an kritischen Stellen im Museum noch weitere, dezentraler Kaltverdunster in entsprechender Anzahl aufzustellen. Dann wird das Problem zu großer winterlicher Trockenheit unter Werte von ca. 40 % relativer Feuchte bei Raumtemperatur von 18-20 °C nicht mehr auftreten.

Kaltverdunster sind in diesem Museum unabdingbar. Doch es ist notwendig, dass sie über die Raumklimadaten beobachtet, kontrolliert und richtig gefahren werden müssen.

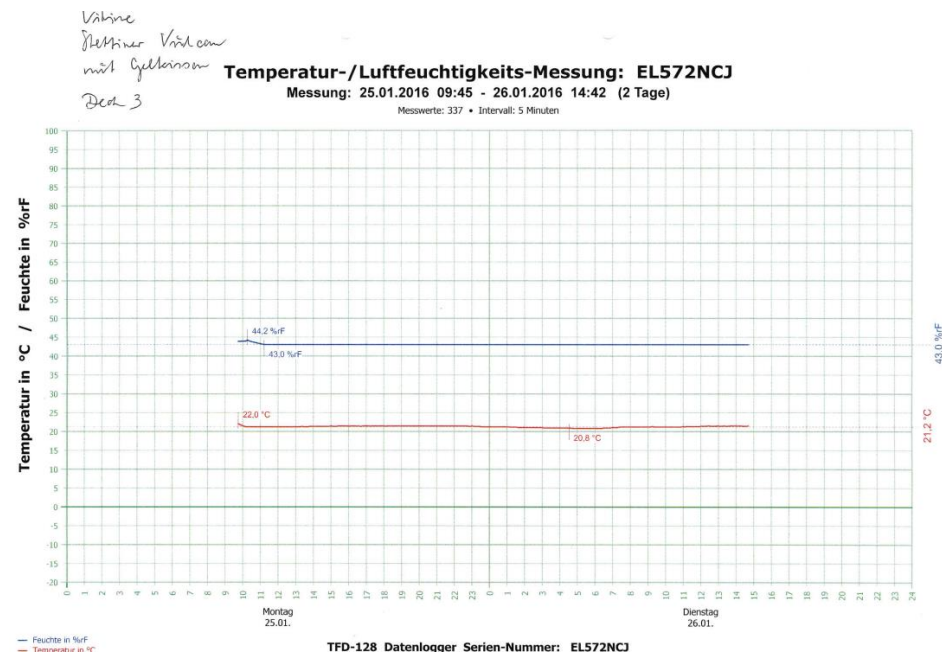
Ferner wurden noch ca. 15 Gelkissen zur **Stabilisierung der Feuchte in Vitrinen** in Deck 1, 3, 5 und 8 durch einen höchst engagierten Mitarbeiter des Museums eingebaut, der sich schon vorher durch höchst engagierte Messungen an Gemälden vor kalten Außenwänden vorbildlich eingebracht hat. Dabei hat er in diversen Variantenmesstechnisch nachgewiesen, dass durch Einbau von Hinterlüftungsebenen hinter Gemälden vor der kalten Ziegelwand und Durchspülung dieses Hinterlüftungsraumes mittels Raumluft wirksam Kondensat an der Bildrückseite bzw. der Wand verhindert werden kann.



Schauvitrine (Einbaum), ohne Gelkissen



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17



Schauvitrine mit feuchtstabilisierendem Gelkissen

Ad 9: Einbau der geplanten kontrollierten Lüftung (große Lösung):

Um gefilterte, sommerliche, kühle, nächtliche Außenluft in das Museum zur Vorkühlung der Baumassen des Museums zu leiten, muss Folgendes festgehalten werden:

Wie der Dokumentation in der Folge zu entnehmen ist, wurde durch das beratende Planungsbüro Käferhaus GmbH, Wien, aufwändig eine kontrollierte Lüftung für die sommerliche, nächtliche Vorkühlung des Gebäudes erarbeitet. Diese Planung fand nach wirtschaftlicher Prüfung keine Zustimmung, so dass im nächsten Schritt geplant wurde, wiederum in Abstimmung mit dem Museum, die bestehende Lüftungsanlage für die Ebene 0-4 mit entsprechenden Schwefeldioxidfiltern zu versehen und im Sommer zumindest in diesem Bereich unterem Bereich des Museums eine nächtliche Vorkühlung des Objektes zu erreichen.

In der Folge werden Details zu den Planungsarbeiten für eine Filterung der Außenluft für eine sommerliche Nachtkühlung des Museums vorgelegt:



TB Käferhaus GmbH Ybbsstraße 29 A-1020 Wien



TECHNISCHE BESCHREIBUNG
NACHTKÜHLUNG ÜBER BRE
PROJEKT:

Internationales Maritimes Museum Hamburg
D-20457 Hamburg, Magdeburger Straße 1

Technisches Büro Käferhaus GmbH
Klima Lüftung Sanitär Elektrotechnik
Meß- und Regeltechnik
Consulting engineers
for the preservation of cultural heritage
GF: Dr. Jochen Käferhaus
A-1020 Wien Ybbsstraße 29
Tel./Fax: +43-1- 9686064

1. Allgemein:

Die bestehenden Brandrauchentlüftungsanlagen in o.a. Projekt sollen durch eine Modifikation während der Nacht und bei Bedarf auch unter Tags dazu verwendet werden um kühlere Außen Luft in die Ausstellungsräume ein zu blasen um diese zu konditionieren.

2. Technische Angaben:

Grundrisspläne der Böden 1 – 9, DG von
Otto Wulff Bauunternehmung GmbH

Geometrische Daten ermittelt:
A=10.620m² Raumhöhe 2,5m Raumvolumen V=26.550m³
LW BRE ca. 9,5 - fach
LW NKL 1,5 - fach
LW TKL 0,37 - fach

Bilder der Schemen der Brandrauchentlüftung mit Luftmengenangaben

SO₂ – Werte aus dem Internet
Bilder des Museums aus dem Internet

3. Lüftungstechnik

3.1 Mechanische Be- und Entlüftung allgemein:

Die neu zu errichtenden Zuluft Ventilatoren inkl. der entsprechenden Frischluftfilterung werden im Dachgeschoss (Ostbereich Abschnitt Nord) bzw. auf der Terrasse (Ostbereich Abschnitt Süd) positioniert.

Der Aufbau der Anlagen sieht folgende Komponenten vor:



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17

Jalousieklappe Luftdicht – Vorfilter – Aktivkohlefilter – Abriebfilter – Luftkanal – Ventilatoreinheit – Luftkanal in den BRE Luftkanal mit Brandschutzklappe.

Wie in der Beilage zu sehen, sind zwei Varianten ausgearbeitet:

Variante 1) PORET – Carbon mit Aktivkohlepulver mit CaCO_3 imprägniert in den Kompaktfiltereinheiten.

PORET® Carbon wird mit einer hochaktiven Pulver-, Granulat- oder Kornkohle imprägniert. Diese Imprägnierung maximiert die wirksame Oberfläche des Filtermediums bei gleichbleibenden Volumen wie folgt:

Pro Millimeter Materialstärke und Quadratmeter Schaum werden etwa 80 - 100 Gramm Aktivkohle gebunden. Dies entspricht einer aktiven Oberfläche von 900 - 1.300 m²/g.

Die offenzellige Struktur des Filterschaums reduziert zusätzlich die Druckdifferenz auf ein Minimum. Resultierend daraus erfolgt eine optimale Luftumspülung und damit eine effiziente Nutzung der Pulverkohle bei minimalem Energieaufwand.

Polyurethan - Schäume sind offen- und geschlossenzellig in verschiedenen Farben und allen gängigen Raumgewichten verfügbar.

Bei dem Prozess der sogenannten Retikulierung werden die Poren des Schaumstoffs geöffnet. Die Steuerung der Pore kann dabei optimal in verschiedenen Größen von PPI10 - PPI80 (PPI = Poren per Inch) erzielt werden.

Hier werden Poret PPI30 eingesetzt, Pro 1000 m³/h eine Einheit mit ca. 14 Kg Aktivkohle.

Variante 2) Gemisch aus aktivierten Aluminiumoxid und Aktivkohle mit CaCO_3 imprägniert.

In herkömmlichen Aktivkohlepatronen wird ein Gemisch aus aktivierten Aluminiumoxid und Aktivkohle imprägniert mit CaCO_3 zum Einsatz gebracht.

Es werden 16 Patronen pro 1000 m³/h benötigt, welche mit je 1,09 Kg gefüllt sind (17,44 Kg Absorptionsmaterial)

Bei beiden Varianten kann je nach Betriebszeit der Anlagen eine Standzeit von bis zu 3 Jahren erreicht werden.

4 MSR:



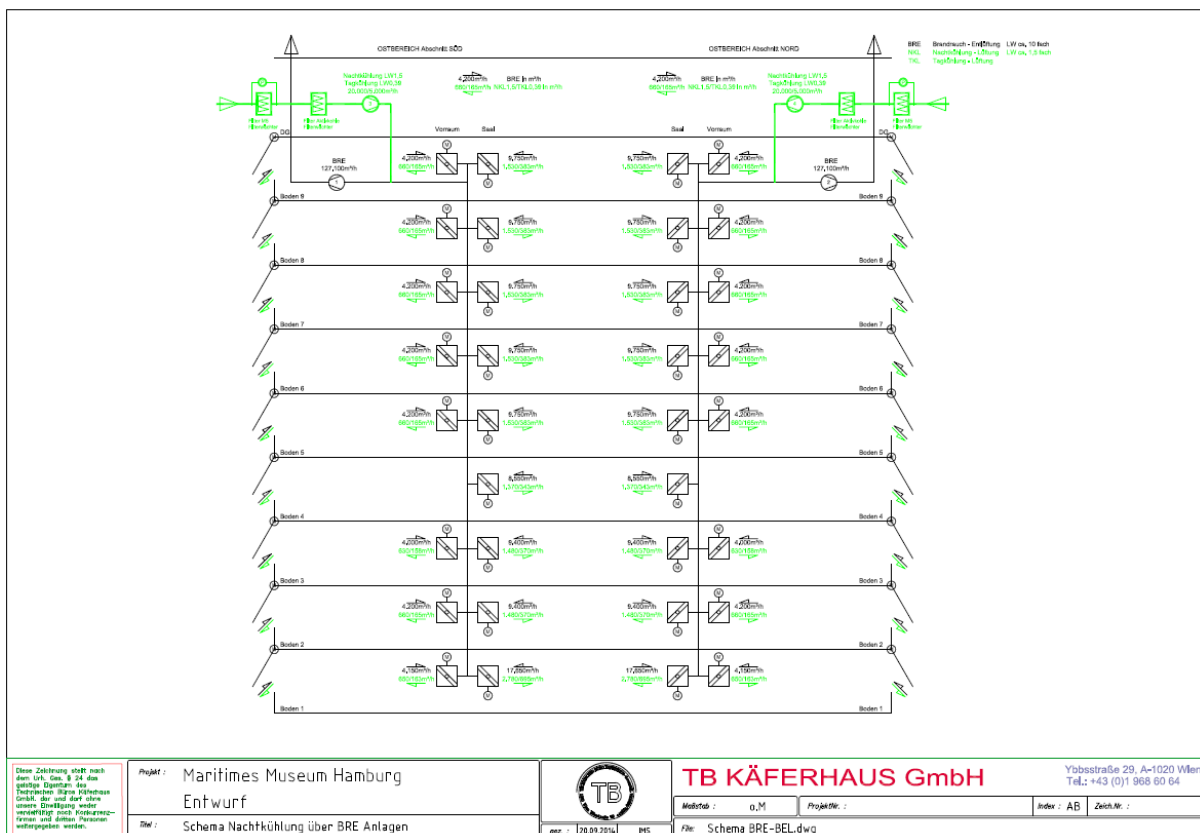
Die Raumtemperatur sowie die Außentemperatur werden mit 2 Thermometern erfasst und verglichen. Aufgrund eines eingestellten Differenzwertes (z.B. außen 10 Grad kühler als innen), sowie der Freigabe durch die Wetterstation geht die Anlage auf Stufe 1 am Tag in Betrieb bzw. auf Stufe 2 in der Nacht. Die Ventilatoren sind mit EC Motoren ausgerüstet und diese werden über die Steuerung 2-stufig gefahren, und können auch genau dem Leistungsbedarf bei der Inbetriebnahme angepasst werden. Im Folgenden öffnen sich die Brandrauchsteuerklappen zur Einströmung der kühlen Luft in die Ausstellungsräume, sowie auch die Fenster über Stellmotore in den entsprechenden Ausstellungsräumen, um eine Abströmen der warmen Luft aus den Räumen sicher zu stellen.

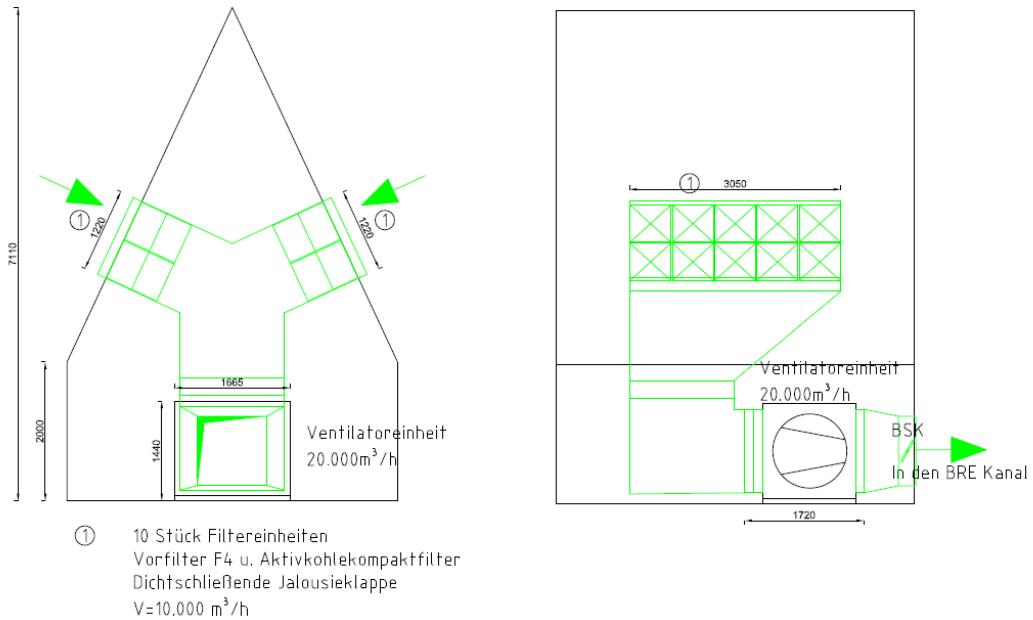
Zu diesem muss ein Eingriff in die Steuerung der bestehenden BRE erfolgen. Die bestehenden Stellmotore müssen geprüft werden ob diese Bidirektional steuerbar sind oder nicht, wenn ja, können diese verwendet werden und durch die neue Steuerung angesteuert werden, wenn nein müssen diese getauscht werden.

Achtung bzgl. Zulassung mit den Brandrauchsteuerelementen!

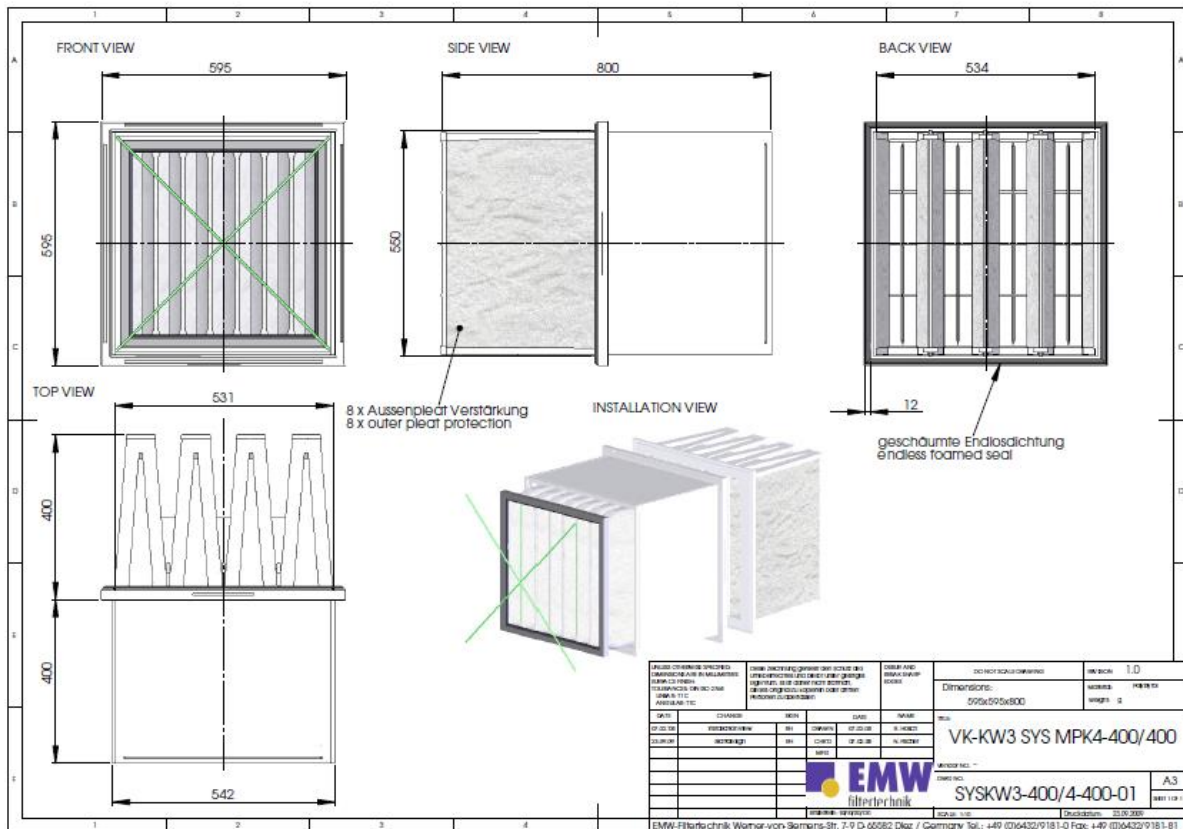
Achtung: Die Funktion der BRE muss weiterhin sichergestellt sein, und im Fall eines Brandalarms werden über die BRE oder BMZ die Zuluft Anlagen komplett abgeschaltet.

Bautechnik und Elektrotechnik wurden in diesen Überlegungen nicht berücksichtigt!



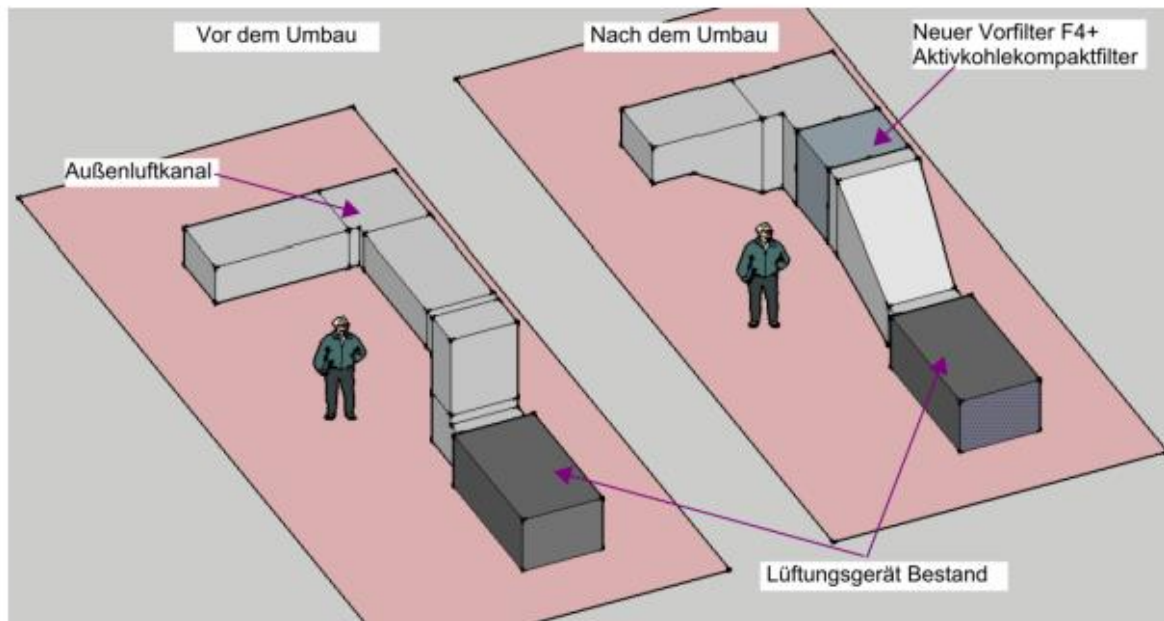


<p><small>Diese Zeichnung stellt nach dem Stand der Technik die Ausführung eines Bauteils dar und stellt keine Gewährleistung dar. Änderungen sind ohne weiteres möglich. Die Ausführung ist durch die Bauteilbeschreibung zu klären. Die Ausführung ist durch die Bauteilbeschreibung zu klären. Die Ausführung ist durch die Bauteilbeschreibung zu klären.</small></p>	<p>Projekt: Maritimes Museum Hamburg Entwurf</p>	<p>TB KÄFERHAUS GmbH Ybbstraße 20, A-1020 Wien Tel: +43 (0)1 968 60 64</p>	<p>Maßstab: o.M Projekt Nr.: Index: AB Zeich.Nr.:</p>
	<p>Titel: Nachkühlung Mit Ansaugung über Aktivkohlekompaktfilter</p>		<p>File: Schema BRE-BEL.dwg</p>



Ad 10 Umbau der Bestandslüftungsanlage 1(KG) für Foyer mit Filtern für eine Nutzung für die sommerliche Nachtlüftung der Ebenen 0-4

Die Ergänzung der Bestandslüftungsanlage im Maritimen Museum im KG für die Bereiche Foyer durch Grob-, Fein- und Spezialkohlefilter, um gezielt im Sommer nachts kühle Außenluft, die beim Nordeingang ins Museum angesaugt wird, nach Vergleich der absoluten Feuchte innen und außen und Vergleich der Temperaturen außen und innen, wurde gem. der Planungsvorgaben des Beraters – bis auf die Modifikation der Regelung, die noch nachgerüstet werden muss - ausgeführt.



Schema zur Lüftungsanlage 1, KG, mit geplantem SO₂-Filter

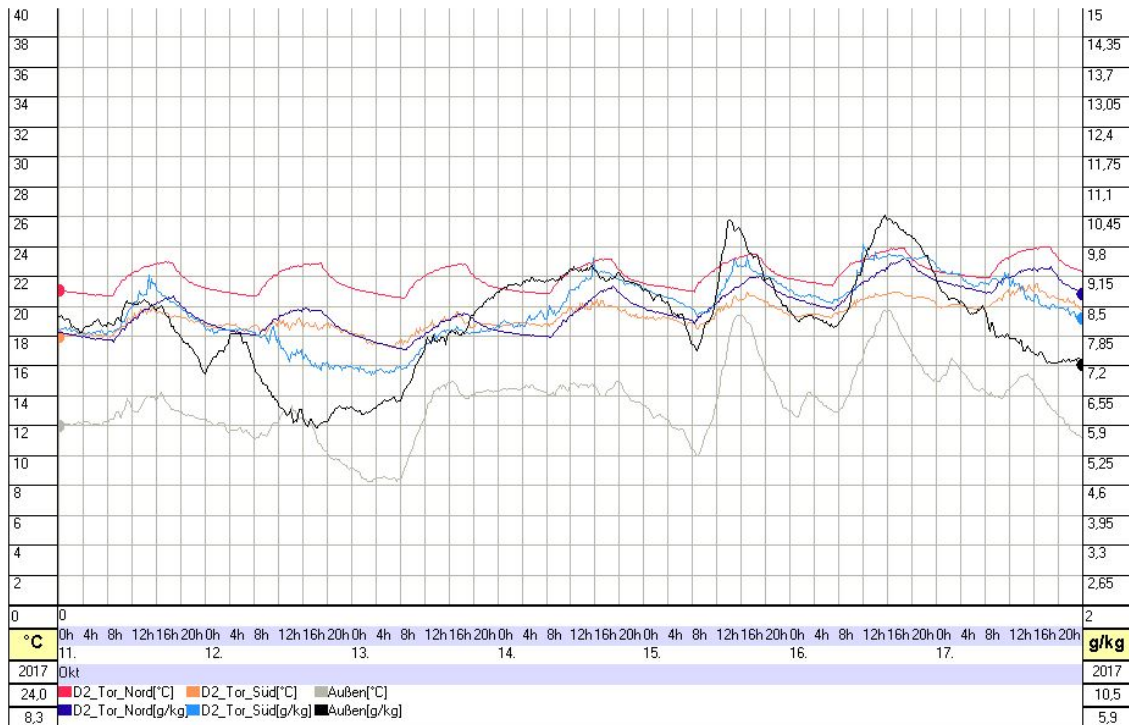
Nachdem die Regelung noch nicht adaptiert werden konnte, wurde auch Anregung des Planers versucht, ab dem Freitag, dem 22. 9. 2017 die Lüftungsanlage 1 täglich von 9:00 bis 18:00 per Hand zu aktivieren.

Lieder hat diese Aktivierung zumindest bei den Raumklimadaten in Ebene 2 keine nachweisbaren Auswirkungen auf das Raumklima gezeigt.

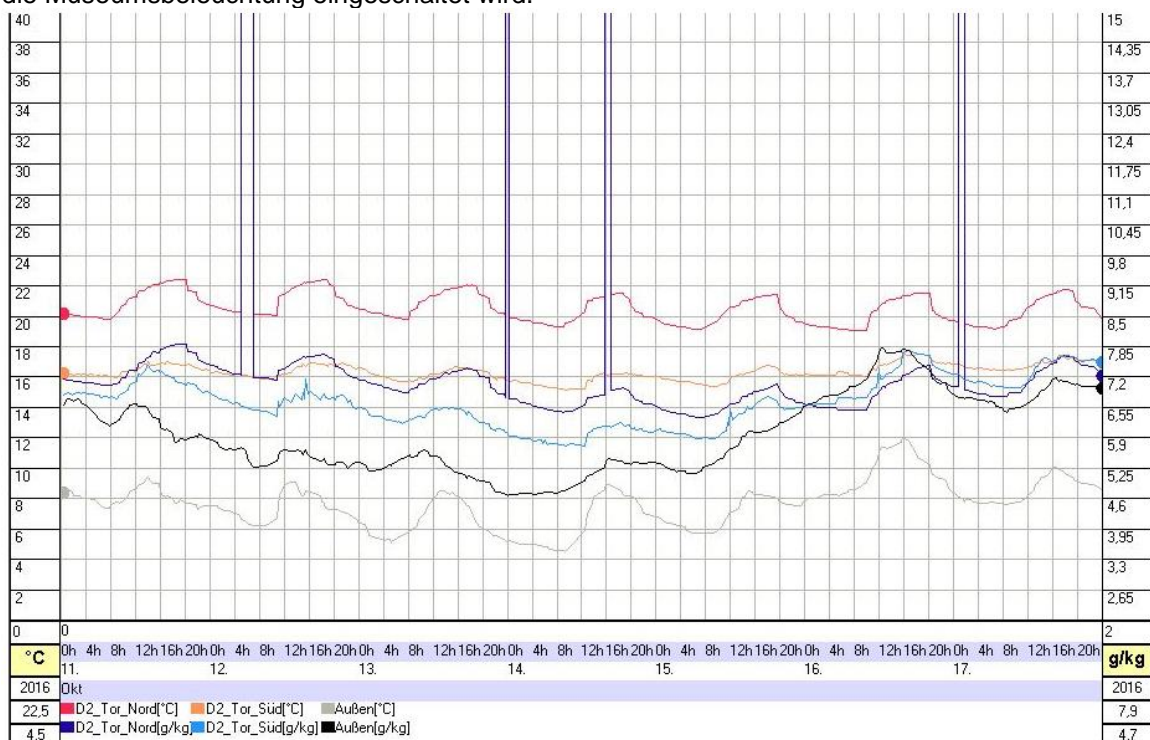
Zwei Gründe können Ursache für dieses Ausfallen der Wirkung sein:

1. Es wurde die Außenluft aufgrund der derzeitig noch aktiven Regelung und aufgrund der zum Zeitpunkt des Versuches bestehenden kühlen Wetterlage nachgeheizt, so dass die sowohl die Außentemperatur als auch die Außenfeuchte damit manipuliert wurde.
2. Derzeit befindet sich in diesen Ebenen eine Sonderausstellung, die höchst Klimastabilität fordert. Jeglichen, das stabile Raumklima beeinflussenden Maßnahmen muß daher sofort von Mitarbeitern gegengesteuert werden.

Dazu die folgenden Messdatenanalysen:



Vergleich der Absoluteuchte außen und innen auf Ebene 2 im Oktober, nach Aktivierung der Lüftungsanlage 1 (Foyer). Es sind keine merklichen Veränderungen zu erkennen. Auffallend ist nur, dass genau um 8:00 ein regelmäßiger, täglicher Temperaturanstieg zu verzeichnen gibt, obwohl es angeblich keine Nachtabsenkung gibt und um 8:00 erst das Putzlicht und um 9:00 erst die Museumsbeleuchtung eingeschaltet wird.



Im Vergleichsjahr 2016 davor ist ein ganz ähnlicher Temperaturverlauf zu konstatieren. Nur die absolute Feuchte in den Schauräumen ist, verglichen zur ähnlichen Absoluteuchte außen, merklich geringer. Grund dafür könnte der Einsatz mobiler Kaltverdunster in den unteren Ebenen für die Sonderausstellung sein.



Ad 11: Verbreitung der Forschungsergebnisse:

Nachdem das große Forschungsvorhaben ‚Climate for Culture‘, an dem das beratende Planungsbüro Käferhaus GmbH teilgenommen und intensiv die Arbeiten im Intern. Maritimen Museum vorgestellt und diskutiert hat, mit Ende 2014 abgeschlossen ist, wird als weiteres Podium für die Veröffentlichung und Verbreitung der Forschungsergebnisse im Rahmen der Förderung nachhaltiger Maßnahmen im Maritimen Museum in der Fachzeitschriften ‚museum aktuell‘ ein Artikel veröffentlicht, um die Forschungsergebnisse aus der Zusammenarbeit des Intern. Maritimen Museums und dem Fördergeber, der DBU einer interessierten Leserschaft vorstellen zu können.

Nachdem der Planer ebenfalls Vorträge an Hochschulen und bei Restauratorenausbildungen hält, wird er ebenfalls die positiven Ergebnisse der Maßnahmen im Maritimen Museum entsprechend vortragen und verbreiten.

5. Wesentliche Ergebnisse

Im Rahmen des DBU Forschungsvorhabens

Klimastabilisierende Maßnahmen für das Intern. Maritime Museum in Hamburg

wurden in den Jahren 2012-2017 wesentliche Probleme der winterlichen Trockenheit und Überwärmungen des Museums im Sommer diskutiert und Lösungen erarbeitet, mit überschaubarem finanziellen und maschinentechnischen Aufwand diese Probleme zu lösen. Dazu wurde mit Hilfe der Messdatenanalyse versucht, die Tauglichkeit der vorgeschlagenen Lösungsansätze zu evaluieren.

Die Ergebnisse sind sicherlich nicht nur für das Maritime Museum als gangbare Lösungsansätze sondern auch für sehr viele andere Museen anwend- und reproduzierbar.

So hat der Ansatz zur Reduzierung der winterlichen Trockenheit einerseits durch vernünftiges Absenken der Raumtemperaturen auf vernünftige Werte zwischen 18-20°C sowie das Abdichten der baulichen Hülle, nach Möglichkeit mit Einführung von Schleusen, signifikante Verbesserungen beim Raumklima gebracht.

Der sommerlichen Überwärmung kann im Prinzip nur mit einer sinnvollen Außenbeschattung, der Reduktion von internen Lasten und möglicher sommerlicher Nachtlüftung begegnet werden. Diese Maßnahmen wurden vorbildlich im Maritimen Museum teilweise umgesetzt.

Was die sommerliche Nachtlüftung anbelangt, so sollte gerade dieses Forschungsvorhaben zeigen, dass eine kontrollierte Nachtlüftung - mechanisch oder durch natürliche, physikalische Kräfte durch Öffnen entsprechender Fenster einerseits probate Erleichterung und vor allem Kühlung der Baumassen bringt, wenn die Aktivierung dieser Lüftung durch Vergleich der absoluten Feuchte und Temperaturen innen und außen verhindert, dass man sich durch die sommerliche Nachtlüftung ungünstige Klimaverhältnisse ins Museum holt. Außerdem darf man sich bei der sommerlichen Nachtlüftung auch keine Luftschadstoffe und Staub in das Museum holen.

Im speziellen Fall des Maritimen Museums in Hamburg können, wie die Diskussionen zeigen, die sommerliche Nachtlüftung zu ungeahnten Schädigungen der Exponate führen, wenn man sich durch diese Maßnahmen anthropogene, das heißt, vom Menschen erzeugte Schäden in Form von Emissionen und Staub, die die Kulturgüter im Museum und die Raumschale schädigen können, hereinholt.

Aus diesem Grunde ist es ratsam, nach Möglichkeit diese natürliche, sommerliche Nachtlüftung zur Reduktion der Wärmeakkumulation in Museen nach Möglichkeit lieber über mechanische Lüftungssysteme und Schächte durchführt, weil man dabei in den meisten Fällen ordnungsgemäß Grob-, Fein- und Spezialfilter einsetzen kann.

Der an sich höchst sinnvolle Einsatz von dezentralen Kaltverdunstern zur Hebung winterlicher Trockenheit in Schauräumen muss die gebotene Aufmerksamkeit gewidmet werden, damit nicht durch



Schlussbericht: DBU Maritimes Museum, HH, Klimastabilisierende Maßnahmen; Wien, 10/17

falsche Anwendungen sich trotz positiver, dezentraler Befeuchter dennoch Schäden an den Exponaten einstellen können. Die aufgetretenen, ausführlich diskutierten Feuchtezeiten in Ebene 5 und 6, wo Befeuchter aufgestellt wurden, weisen daraufhin.

Die sehr häufige Arbeit des Autors in Museen im In- und Ausland hat gezeigt, dass gerade diese genannten Grundsatzprobleme sehr häufig in vielen Museen vorzufinden sind. Daher sind die, in diesem Forschungsvorhaben analysierten Lösungsansätze wichtig, dass sie kritisch diskutiert, gemessen, evaluiert und entsprechende Verbreitung finden.