



Nutzerfreundliche computergestützte Schimmelvermeidung

DI Dr. Bernhard Lipp,
IBO - Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH

DI Dr. Karl Torgehele,
Spektrum GmbH und
IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie GmbH

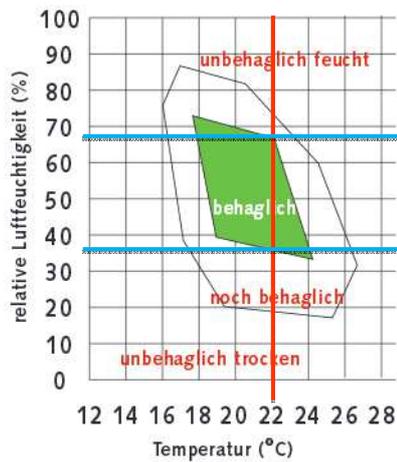
Richtig Lüften ist schwierig und immer ein Kompromiss!



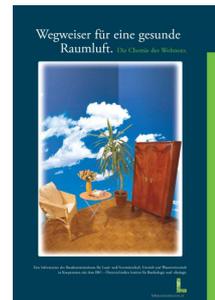
Probleme – Auswirkungen – Lösungen: So sorgen Sie für gesunde Raumluft			
Problem	Auswirkungen	Ursache	Lösung
Trockene Luft	Trockene Haut, trockene Schleimhäute, Augenreizungen, Halskratzen	Zu starke Lüftung im Winter, zu geringe Feuchtespeicherung der Baustoffe, zu geringe Feuchtproduktions	Luftmengenregelung mit Feuchterückgewinnung bei Lüftungsanlagen, diffusionsoffene mineralische Putze und mineralische Farben, Pflanzen und Zimmerbrunnen, Luftbefeuchter
Feuchte Luft	Atembeschwerden, leichtes Schwitzen	Zu wenig Luftaustausch, Wasserdampf durch Kochen, Duschen und Wäsche waschen	Lüften, diffusionsoffene mineralische Putze und mineralische Farben als Klimaregulator
Kalte Luft	Unbehaglichkeit, verstärktes Wärmebedürfnis	Schlechte Wärmeverteilung im Raum, keine Speichermasse in Außenwänden	gleichmäßige Strahlungswärme durch massive Bauweise und Wandheizungen
Starker Luftzug	Kälteempfinden, Verspannungen	Undichte Fenster und Türen	Wärmedämmung und dichte Fenster
Geruchsbelästigung	Unbehaglichkeit, Übelkeit	Schlechte Gerüche durch Kochen, Rauchen, etc.	Regelmäßiges Stoßlüften, keine Verwendung von Raumsprays, Reinigung mit sanften Mitteln (ohne antibakterielle Zusätze)
Verbrauchte Luft	Leistungsabfall, Müdigkeit	Zu hoher CO ₂ -Anteil	Regelmäßiges Stoßlüften, Einbau einer Komfortlüftung
Schimmelbildung	Allergien und Infektionen	Kondensation der Luftfeuchtigkeit, Wärmebrücken	Ausreichende Wärmedämmung und Vermeidung von Wärmebrücken, diffusionsoffene mineralische Putze und mineralische Farben, regelmäßiges Stoßlüften oder Lüftungsanlage
Staubmilben	Allergien	Zu feuchte Luft, viel Hausstaub	Staubsaugen (mit Hefpa-Filter), feucht wischen, Decken, Polster und Kuscheltiere bei 60°C waschen
Ultrafeinstaubbelastung	Herz-Kreislauferkrankungen, Lungenkrebs	Rauchen, Kerzen, Räucherstäbchen, offene Feuerstellen	Rauchfreie Innenräume, Duftlampen und Kerzen nur selten und in geringer Zahl anzünden, dichte Abzüge für Öfen und Gashermien
Formaldehyd	Atemwegs- und Augenreizungen	Spanplatten, bestimmte verleimte Holzwerkstoffe, Tabakrauch, Gasherd	Vollholzmöbel, formaldehydfreie Holzwerkstoffe, nicht rauchen, verstärkt lüften, Gasherd mit Abzug
Radon	Lungenkrebs	Radon aus dem Untergrund, vor allem bei Urgesteinsböden	Belastung messen, normgerechte bauliche Radonschutzmaßnahmen
Kohlenmonoxid	Vergiftungen, Tod	Undichte Öfen	Dichte Abzüge für Öfen und Gashermien mit ausreichender Frischluftzufuhr
Diverse Luftschadstoffe	Allergien, Haut-, Atemwegs- und Augenreizungen, Kopfschmerzen, Schwindelgefühl, Müdigkeit	Baustoffe, Materialien der Innenausstattung, Lösungsmittel bei Bodenbelägen, Feuchtschutzanstrichen und Lacken	Emissionsarme und lösungsmittelfreie Produkte mit Umweltzeichen, lüften

Quelle: BMEFLU/IBO

Behaglichkeitsbereich – Luftfeuchte und Temperatur



Behaglichkeitsbereich
 Entsprechende relative Luftfeuchtigkeit und Raumtemperatur sind wesentliche Bedingungen für ein behagliches Wohnklima.



Schimmelpilzwachstum

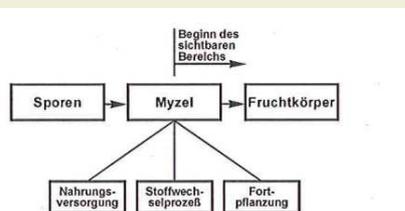
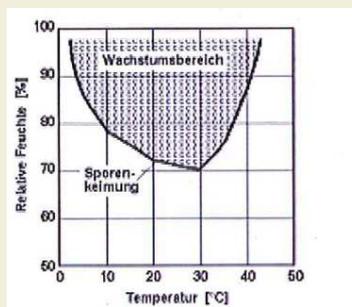


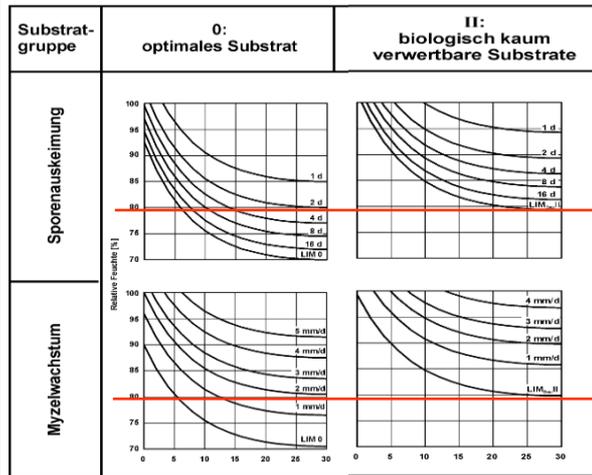
Bild 16 Schematische Darstellung des Ablaufs von Pilzwachstum.

Bei ausreichenden Klimabedingungen keimt die Spore aus. Es bildet sich ein Myzel. Dort finden die Nahrungsaufnahme, die Stoffwechselprozesse und die Fortpflanzung statt. Das Ergebnis der Fortpflanzung ist die Bildung von neuen Sporen (Sporulation) in den Fruchtkörpern.



Schematische Darstellung des Wachstumsbereichs für Schimmelpilze in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Feuchte; als Vorbereitung für die Festlegung von Wachstumsisoplethen.

Sporenskeimung und Myzelwachstum



80%

80%

Schimmelpilzwachstum – Faktor Zeit

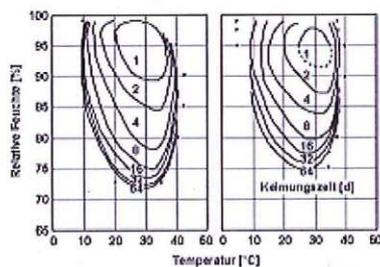


Bild 9 Isoplethensysteme für Sporenskeimung der Schimmelpilze *Aspergillus restrictus* (links) und *Aspergillus versicolor* (rechts) nach Smith [126].

Die Isolinien geben in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Feuchte die Keimungszeiten in Tagen an (eingetragene Zahlenwerte). Die Punkte zeigen Bedingungen, bei denen nach 95 Tagen noch keine Keimung stattgefunden hatte.

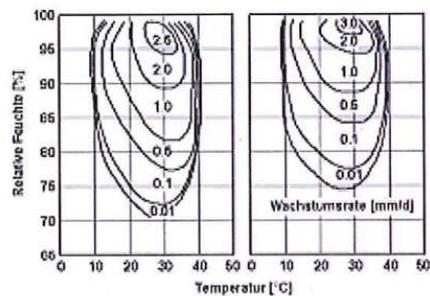


Bild 10 Isoplethensysteme für Myzelwachstum der Schimmelpilze *Aspergillus restrictus* (links) und *Aspergillus versicolor* (rechts) in Abhängigkeit von Temperatur und relativer Feuchte nach Smith [126]. Die Zahlen an den Isolinien kennzeichnen die Wachstumsraten in mm/d.

Feuchtegrenzen



Leitfaden zur Ursachen-
suche und Sanierung bei
Schimmelpilzwachstum
in Innenräumen

(„Schimmelpilzsanierungs-Leitfaden“)

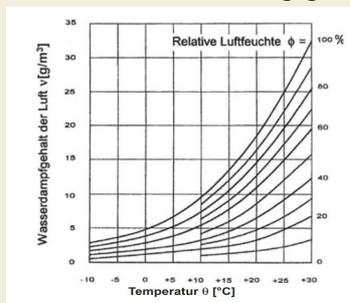
Umwelt
Bundes
Amt
Für Mensch und Umwelt

Die Feuchtegrenze, unterhalb derer kein Wachstum von Schimmelpilzen auf Materialien stattfindet, liegt bei ca. 70 % relativer Feuchte an der Oberfläche. Mit zunehmendem Feuchtegehalt steigt die Wahrscheinlichkeit, dass Schimmelpilzwachstum auftritt. Bei 80 % relativer Feuchte an der Oberfläche sind die Wachstumsbedingungen für fast alle innenraumrelevanten Schimmelpilzarten erreicht. Bei noch höheren Oberflächenfeuchten können alle Schimmelpilzarten sowie Bakterien wachsen.

Innenraumluftfeuchte, Temperatur und Zeit



Der Zusammenhang zwischen Schimmelpilzwachstum, Luftfeuchte, Temperatur und Zeit ist kompliziert, da die relative Luftfeuchte im Innenraum stark von der absoluten Luftfeuchte der Außenluft (Außentemperatur) und vom Luftwechsel abhängig ist.

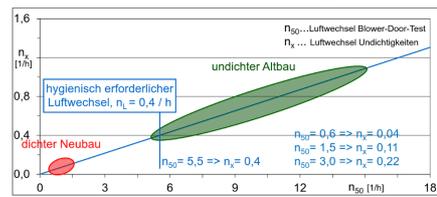


BAUPHYSIK.AT Thermische Sanierung erfordert Lüftungskonzept

Luftwechsel - Falschlufrate n_x (EN ISO 13465)

$$\text{DIN 1946-6: } n_x = f_{\text{Lüftung}} \cdot n_{50}^* \cdot (f_{\text{Lage}} \cdot \Delta p / 50)^{0,67}$$

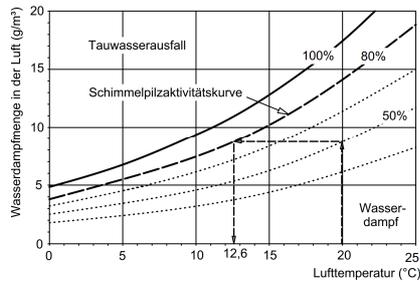
$f_{\text{Lüftung}} \dots 0,5$ (0,25 bei 1ner Fassade)
 $f_{\text{Lage}} \dots 1,0$ (0,5...1,7 Abschirmung)
 $f_{\text{Lage}} \dots 1,0$ (1,0...2,8 je nach Höhe)



2014-11-14

e-nova 2014 - FH Burgenland

Temperaturfaktor und Oberflächenfeuchte



$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

θ_{si} Oberflächentemperatur innen °C
 θ_e Aussentemperatur °C
 θ_i Innentemperatur °C

$$\theta_{si} = \theta_e + f_{Rsi} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad ^\circ\text{C}$$

f_{Rsi} – Anforderung: EN 13788

Wärme- und feuchtechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren - Berechnungsverfahren (ISO 13788:2012)
 ÖNORM EN ISO 13788: 2013 04 01



Luftfeuchte - Anforderung Schimmel

θ_e °C	θ_i °C	φ_i %	$\theta_{si,min}^{1)}$ °C	$f_{Rsi,min}$ -	R_{si} m²K/W	U_{max} W/m²K
5.0	20.0	55.0%	14.1	0.61	0.25	1.58
4.0	20.0	55.0%	14.1	0.63	0.25	1.48
3.0	20.0	55.0%	14.1	0.65	0.25	1.39
2.0	20.0	55.0%	14.1	0.67	0.25	1.31
1.0	20.0	55.0%	14.1	0.69	0.25	1.25
0.0	20.0	55.0%	14.1	0.70	0.25	1.18
-1.0	20.0	54.0%	13.8	0.70	0.25	1.18
-2.0	20.0	53.0%	13.5	0.71	0.25	1.18
-3.0	20.0	52.0%	13.2	0.71	0.25	1.18
-4.0	20.0	51.0%	12.9	0.71	0.25	1.18
-5.0	20.0	50.0%	12.6	0.70	0.25	1.18
-6.0	20.0	49.0%	12.3	0.70	0.25	1.18
-7.0	20.0	48.0%	12.0	0.70	0.25	1.18
-8.0	20.0	47.0%	11.7	0.70	0.25	1.19
-9.0	20.0	46.0%	11.4	0.70	0.25	1.19
-10.0	20.0	45.0%	11.0	0.70	0.25	1.20
-11.0	20.0	44.0%	10.7	0.70	0.25	1.20
-12.0	20.0	43.0%	10.3	0.70	0.25	1.21
-13.0	20.0	42.0%	10.0	0.70	0.25	1.21
-14.0	20.0	41.0%	9.6	0.70	0.25	1.22
-15.0	20.0	40.0%	9.3	0.69	0.25	1.23

¹⁾ $\theta_{si,min}$ bei 80% Luftfeuchte, darf über mehrere Tage nicht überschritten werden - EN 13788



Hohe Oberflächenfeuchten (> 80%) können unterschiedliche Ursachen haben:

- Temperatur an der Oberfläche niedrig
=> **Konstruktionsproblem**
- Feuchte im Raum zu hoch
=> **Nutzerverhalten**

Dieses Problem wollten wir effizient und sicher lösen!



Die Idee geht schon auf das Jahr 2006 zurück:

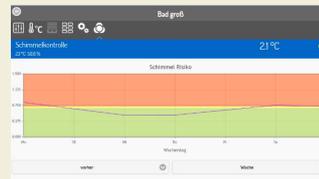
Umsetzungsschwierigkeiten:

- Genaue und stabile Temperatur- und Feuchtsensoren sind erforderlich -> Preis!
- Stabile und energiesparende Funksysteme zur einfachen Nachinstallation (IoT macht es jetzt möglich)
- Kosteneffiziente Basisstationen mit entsprechender Speicherkapazität und Kosteneffizienz

IBO SVA1 - Logik



1. Wenn ein Gebäude bautechnisch mängelfrei ist, dann kann $f_{Rsi} > 0,71$ für die ungünstigste Stelle angenommen werden.
1. Die Anwendung des IBO SVA1 erfordert die genaue und kontinuierliche Messung der Außentemperatur, Raumtemperatur und der relative Luftfeuchtigkeit in den Räumen.
2. Daraus lässt sich ein mindest erforderlicher Temperaturfaktor $f_{Rsi,erf}$ berechnen und mit dem Grenzwert 0,71 vergleichen und in entsprechende Warnungen bzw. Aktionen auslösen.



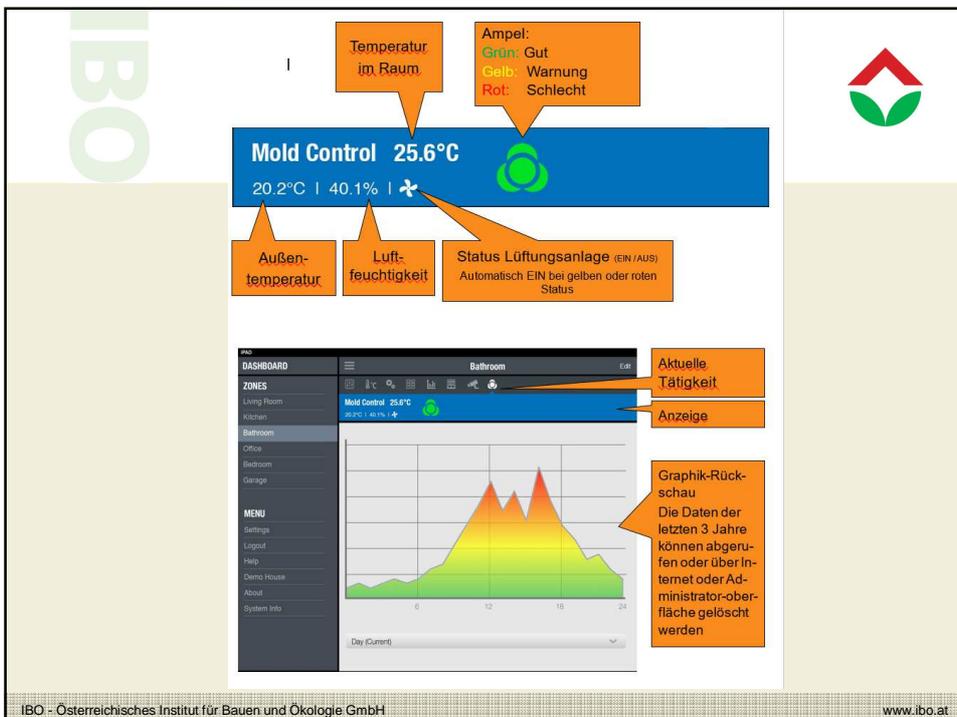
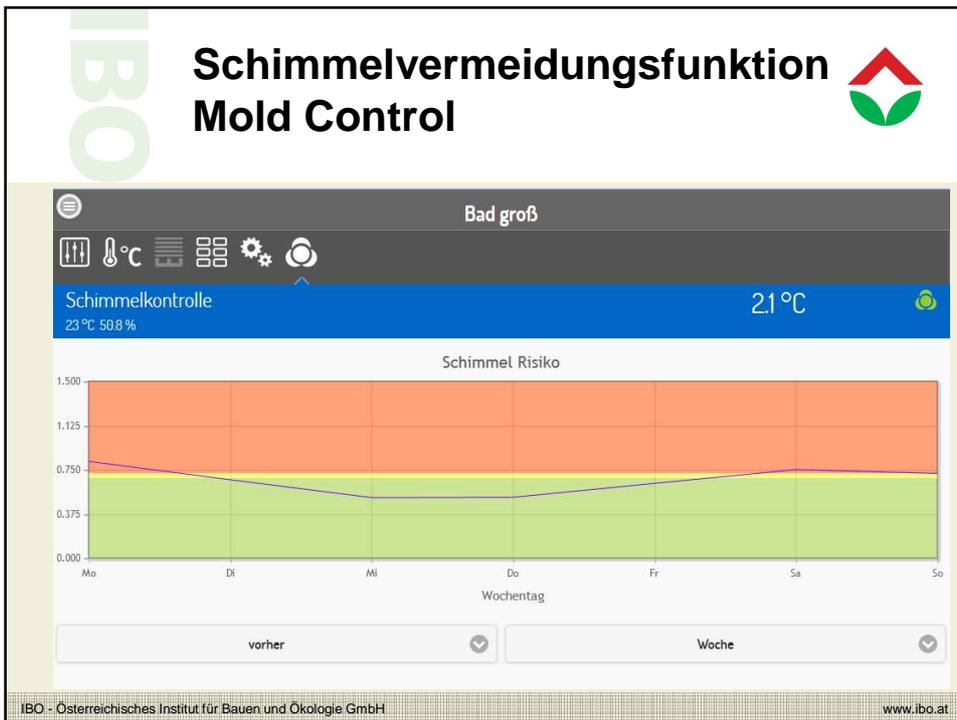
Eaton Smart Home Controller - IBO SVA1 -Schimmelvermeidung



Mold Control 25.6°C
 20.2°C | 40.1% |



Schimmelvermeidungsfunktion Mold Control



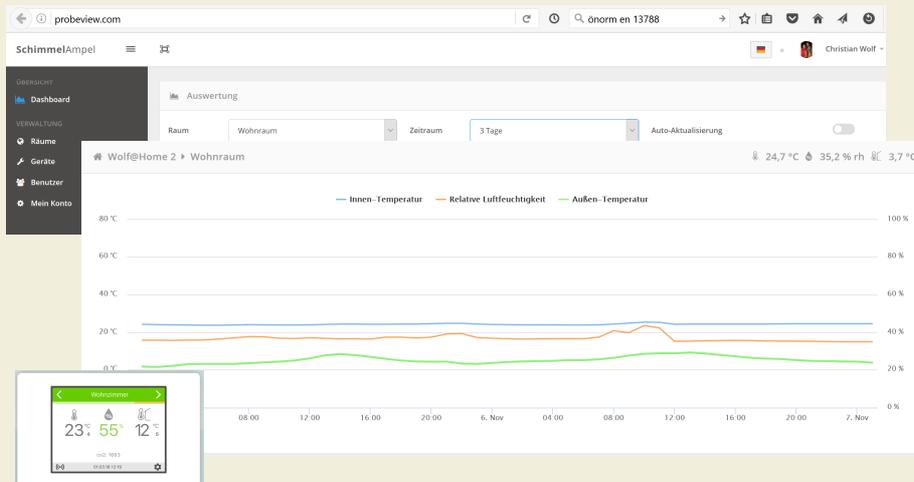
IBO SVA2 - Logik



1. Wenn ein Gebäude bautechnisch mängelfrei ist, dann kann $f_{Rsi} > 0,71$ für die ungünstigste Stelle angenommen werden.
 2. Die Anwendung des IBO SVA2 erfordert die genaue und kontinuierliche Messung der Außentemperatur, Raumtemperatur und der relative Luftfeuchtigkeit in den Räumen.
 3. Daraus lassen sich Oberflächentemperaturen und Oberflächenfeuchten berechnen und als Eingabeparameter für die Schimmelwachstumsmodelle verwenden.
1. Auf Basis der Wachstumsmodelle lässt sich das Schimmelrisiko berechnen und entsprechend anzeigen bzw. Aktionen auslösen



IBO SVA2 - Messung



IBO SVA2 - Messung



Schimmelpilzwachstum

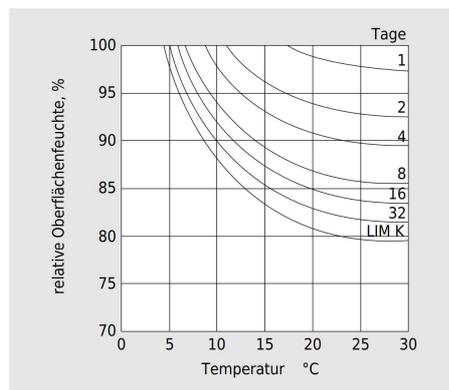
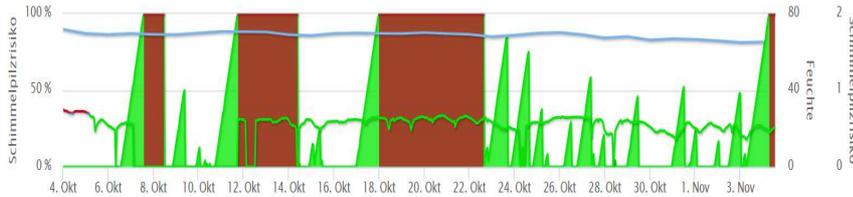


Abbildung 3.1: Sporenauskeimungszeit besonders kritischer Schimmelpilze in Abhängigkeit von der Temperatur und der relativen Feuchte der Oberfläche nach Lit. [3.3 und 3.4]

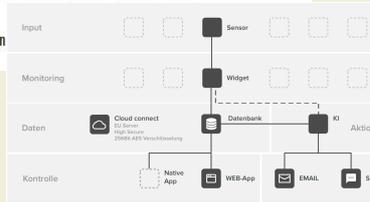


Isoplethenauswertung - Zeit

Zeitraum: (Di) 04.10.2016 00:00 - (Fr) 04.11.2016 13:28



● 1 Tagesgrenzkurve — modifizierte Feuchte — Sen



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

