

9 BESONDERHEITEN

Klimamessungen im Tunnel

Um den Gesundheitsschutz der Mitarbeiter zu gewährleisten gilt im Tunnel grundsätzlich ein maximaler Temperaturgrenzwert von 28°. Dabei handelt es sich um die sogenannte Trockentemperatur.

Unter bestimmten Umständen sind kurzfristige Überschreitungen der Trockentemperatur bis 32° zulässig, falls entsprechende flankierende Massnahmen getroffen werden.

In Nebenarbeitsbereichen mit leichter körperlicher Arbeit ist bei Überschreitung der 28° Trockentemperatur der WBGT-Index beizuziehen, der sich aus der Kombination der Luftfeuchte und der Trockentemperatur ermitteln lässt. Zulässig sind leichte Arbeiten bis zu einem WBGT-Index von 30°.

Diese Zusammenhänge hat die SUVA in einer Broschüre dargestellt, die auszugsweise auf den folgenden Seiten wiedergegeben sind.

Zur Überprüfung der Klimabedingungen werden an verschiedenen Orten im Tunnel die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit kontinuierlich gemessen, aufgezeichnet und wöchentlich ausgewertet.

Die beiliegenden Diagramme stellen den zeitlichen Verlauf der Klimawerte (Luftfeuchtigkeit, Trockentemperatur und WBGT-Index) an den jeweiligen Arbeitsstellen für den Zeitraum 28.2. bis 14.3.2005 in Bodio dar.

3. Beurteilung der Klimaverhältnisse und Klimagrenzwerte

3.1 Beurteilung des Klimas im Untertagebau

Umgebungsfaktoren, welche die Körpertemperatur beeinflussen, sind die Lufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit, die Luftströmung und die Wärmestrahlung. Der Begriff des Klimas umfasst diese Umgebungsfaktoren.

Die Lufttemperatur kann mit einem trockenen strahlungsgeschützten Thermometer gemessen werden; dadurch wird die **Trockentemperatur** (t_a) bestimmt. Mit Hilfe eines Feuchtthermometers kann die **Feuchttemperatur** gemessen werden. Die Feuchttemperatur kann auch psychrometrisch aus der Messung der Trockentemperatur und der relativen Luftfeuchte anhand eines Diagramms (Abbildung 2) bestimmt werden. Zum Einbezug der Wärmestrahlung kann ein Schwarzkugel- oder Globethermometer verwendet werden, das die Hitzestrahlen absorbiert, womit der **WBGT-Index (wet bulb globe temperature)** bestimmt werden kann.

3.2 Klimagrenzwert im Untertagebau

Der Klimagrenzwert für Arbeiten im Untertagebau beträgt 28° C Trockentemperatur. Dieser Grenzwert ist in allen Hauptarbeitsbereichen, d. h. Bereichen in denen Arbeitnehmende über längere Zeit arbeiten auch als Stundenmittelwert einzuhalten. Durch technische Massnahmen, d. h. eine effiziente Kühlung, ist damit in allen Hauptarbeitsbereichen sowie auch in Arbeitsbereichen mit länger dauernden Tätigkeiten zu garantieren, dass eine Arbeitstemperatur von höchstens 28° C Trockentemperatur eingehalten wird.

Der Grenzwert von 28° C Trockentemperatur leitet sich auch aus dem **Klimadiagramm in Abbildung 1** ab. Er entspricht der Klimagrenze bei im Untertagebau in Hauptarbeitsbereichen üblichen körperlichen Belastungen und 100%iger Luftfeuchte. Da im Untertagebau in jedem Vortrieb z. T. schwere körperliche Arbeit geleistet wird und innert Kürze eine hohe Luftfeuchtigkeit auftreten kann, stellt der Grenzwert von 28° C Trockentemperatur die Grundlage für die Planung der Kühlsysteme sowie für technische Massnahmen am Arbeitsplatz dar.

Dieser Grenzwert wurde bereits im Rahmen der arbeitsmedizinischen Auflagen, die im Submissionsverfahren für das Projekt Alp Transit zu berücksichtigen waren, durch die Suva in Absprache mit den Durchführungsorganen des Arbeitsgesetzes festgelegt.

Der Grenzwert geht davon aus, dass die Akklimatisierung der Arbeitnehmenden erfolgt ist, keine sehr schwere körperliche Arbeit (Energieumsatz gemittelt über eine Stunde von ca. 350 Watt und mehr) geleistet wird und die Wandtemperatur resp. die Temperatur grosser Maschinenteile in der Nähe des Arbeitsplatzes nicht mehr als 50° C beträgt.

3.3 Ausnahmeregelungen bei Überschreitung des Klimagrenzwertes im Untertagebau

Die praktische Erfahrung im Untertagebau zeigt, dass trotz der Planung und der Realisierung der Kühlsysteme unter Umständen kurzzeitig der Grenzwert von 28° C Trockentemperatur in bestimmten Arbeitsbereichen als Stundenmittelwert nicht eingehalten werden kann. Beispiele sind ausserordentliche Arbeiten in weniger gut belüfteten Seitenvortrieben, Warmwassereinbrüche, eine erhebliche Wärmebelastung durch Maschinen und mechanische Anlagen oder besondere Arbeiten wie der Meisselwechsel im Bohrkopf der Tunnelbohrmaschine.

3.3.1 Kurzzeitige Überschreitungen von 28° C Trockentemperatur im Vortrieb, in Hauptarbeitsbereichen und bei mittelschwerer bis schwerer körperlicher Arbeit in Nebenarbeitsbereichen

Kurzzeitige, d. h. maximal eine Arbeitswoche dauernde Überschreitungen des Grenzwertes von 28° C Trockentemperatur können im Vortrieb und allen andern Hauptarbeitsbereichen und bei mittelschweren bis schweren körperlichen Arbeiten in Nebenarbeitsbereichen unter folgenden Bedingungen toleriert werden:

- Die Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit werden während jeder Schicht an allen repräsentativen Arbeitsstellen gemessen.
- Die Messwerte von Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit liegen im gelben Bereich des Klimadiagramms von Abbildung 1.
- Technische Massnahmen für die Unterschreitung des Grenzwertes von 28° C werden unverzüglich getroffen.
- Zusätzliche organisatorische und personenbezogene Massnahmen werden getroffen (siehe Kapitel 4 und 5).

Da die Fähigkeit körperliche Arbeiten bei Lufttemperaturen über 32° C und hoher Luftfeuchtigkeit zu verrichten individuell sehr verschieden ist, wird für Einsätze über 32° C die Beurteilung durch einen Spezialisten in jedem Fall erforderlich.

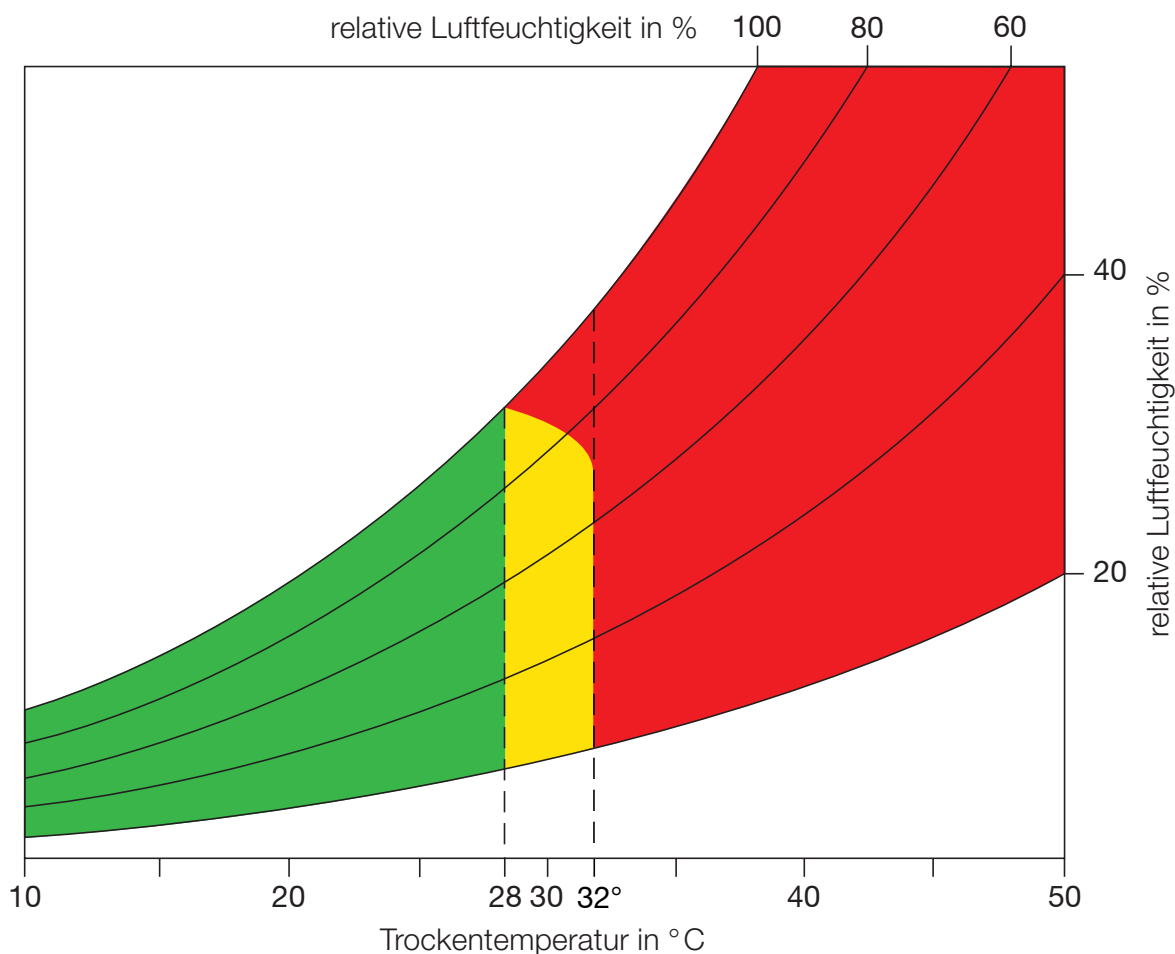


Abbildung 1

Ausnahmeregelung bei Überschreitung des Grenzwertes von 28° C Trockentemperatur im Untertagebau. Das Schema zeigt den Temperaturgrenzwert von 28° C und den gelb markierten Bereich, in welchen unter den genannten Bedingungen kurzzeitige Überschreitungen des Grenzwertes bis zu einer Arbeitswoche toleriert werden können. Bei länger als eine Arbeitswoche dauernden Arbeiten im gelben Bereich oder bei Erreichen des roten Bereiches ist eine Abklärung durch einen Spezialisten vorzunehmen.

3.3.2 Überschreitung von 28°C Trockentemperatur in Nebenarbeitsbereichen mit leichter körperlicher Arbeit

Bei kurzdauernden Arbeiten mit nur leichter körperlicher Belastung in Nebenarbeitsbereichen und für Kontroll- und Überwachungsarbeiten ist bei Überschreiten des Grenzwertes von 28° C Trockentemperatur die Lufttemperatur und Luftfeuchte zu messen. Solche Arbeiten sind bei Überschreiten der Trockentemperatur von 28° C dann zulässig, wenn der berechnete **WBGT-Index 30° C** nicht überschritten wird. Bei Klimabedingungen über WBGT-Index 30° C ist eine Beurteilung durch den Spezialisten erforderlich (siehe Kapitel 3.4).

Der WBGT-Index kann wie folgt berechnet werden:

$$\text{WBGT} = 0,7 t_{nw} + 0,3 t_a$$

t_{nw} = Temperatur des natürlich belüfteten Feuchtthermometers

t_a = Trockentemperatur

t_{nw} kann annäherungsweise aus dem psychrometrischen Diagramm (Abbildung 2) aus der relativen Luftfeuchte (RH%) und der Trockentemperatur (t_a) ermittelt werden.

Diese Beurteilung geht davon aus, dass die Akklimatisierung der Arbeitnehmenden erfolgt ist, eine nur leichte körperliche Belastung gegeben ist, die Arbeitskleidung den Feuchtigkeitsaustritt nicht behindert und die Wandtemperatur resp. die Temperatur grosser Maschinenteile in der Nähe des Arbeitsplatzes nicht mehr als 50° C beträgt.

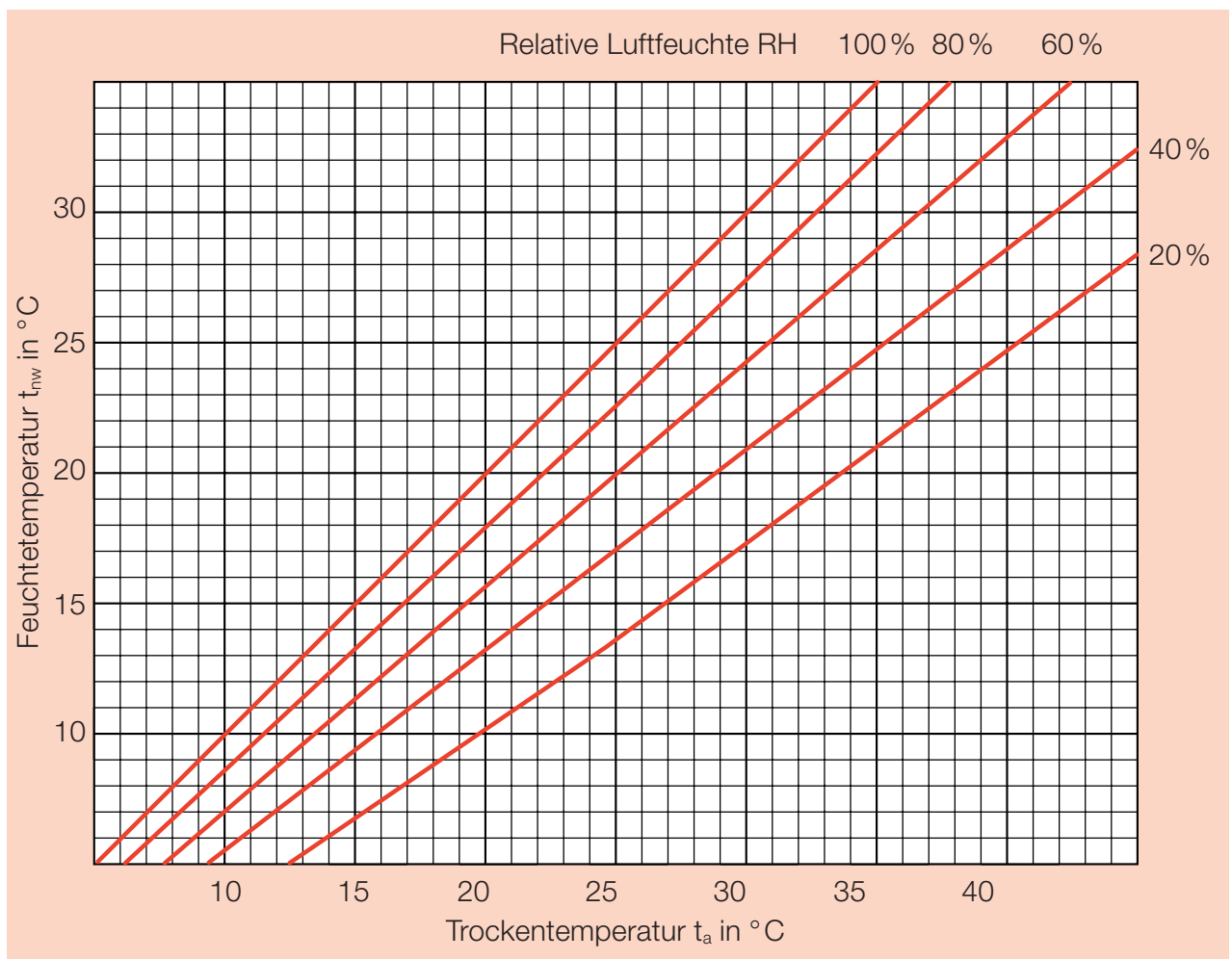


Abbildung 2

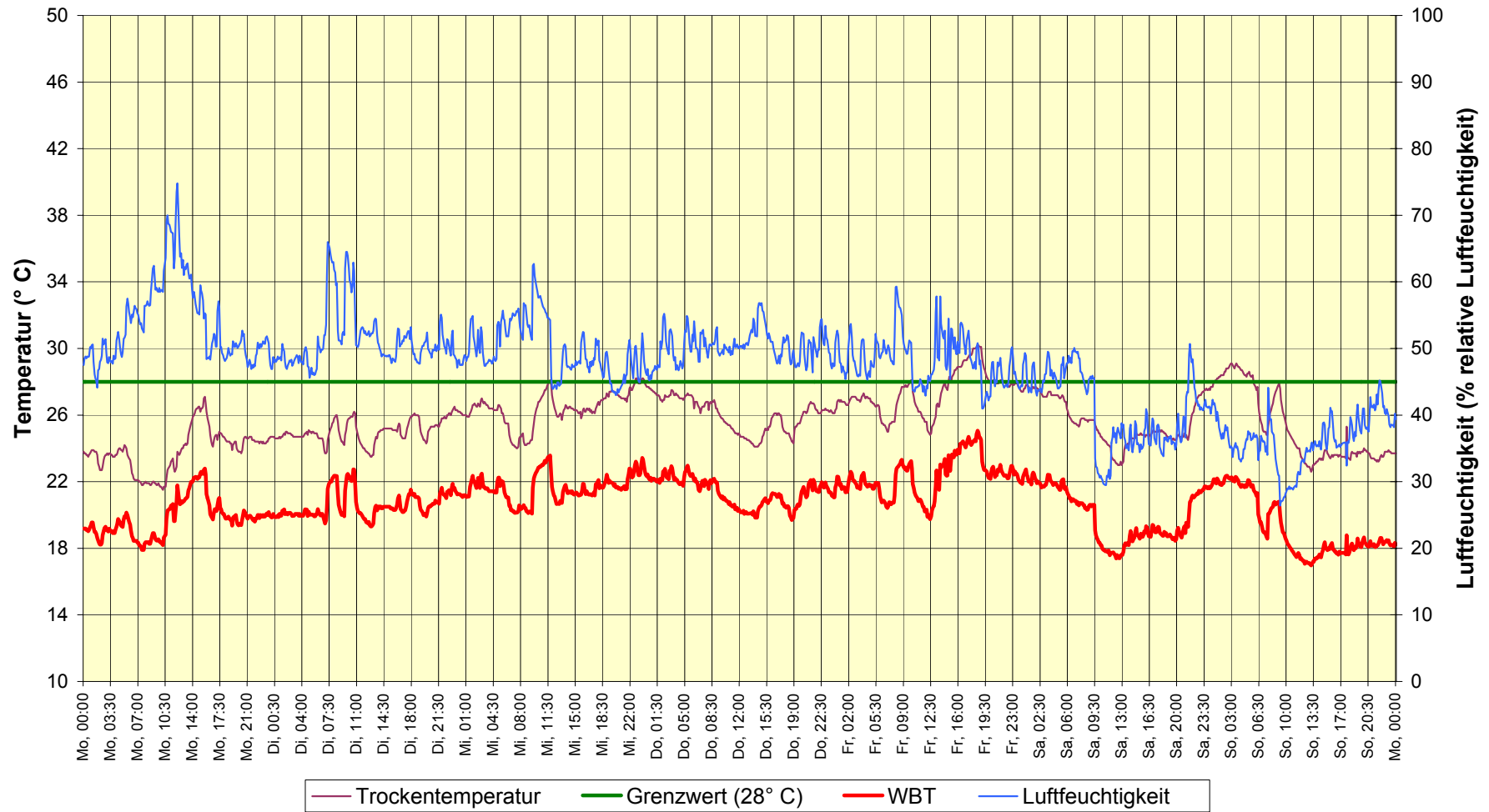
Psychrometrisches Diagramm zur Ermittlung der Feuchttemperatur (t_{nw}) aus der Trockentemperatur (t_a) und der relativen Luftfeuchte [RH%] (aus ENISO 7726).

WBT-Wochendiagramm (KW 9-10)

Messort: TBM Ost Steuerstand

Diagramm: Baustelle: Consorzio TAT, Baustelle Bodio
Erster Datenpunkt: Montag, 28.02.2005 um 00:00 Uhr
Letzter Datenpunkt: Montag, 07.03.2005 um 00:00 Uhr
Messintervall: 7 Minuten
28° C WBT: Überschritten während 0 Minuten

Bemerkungen:

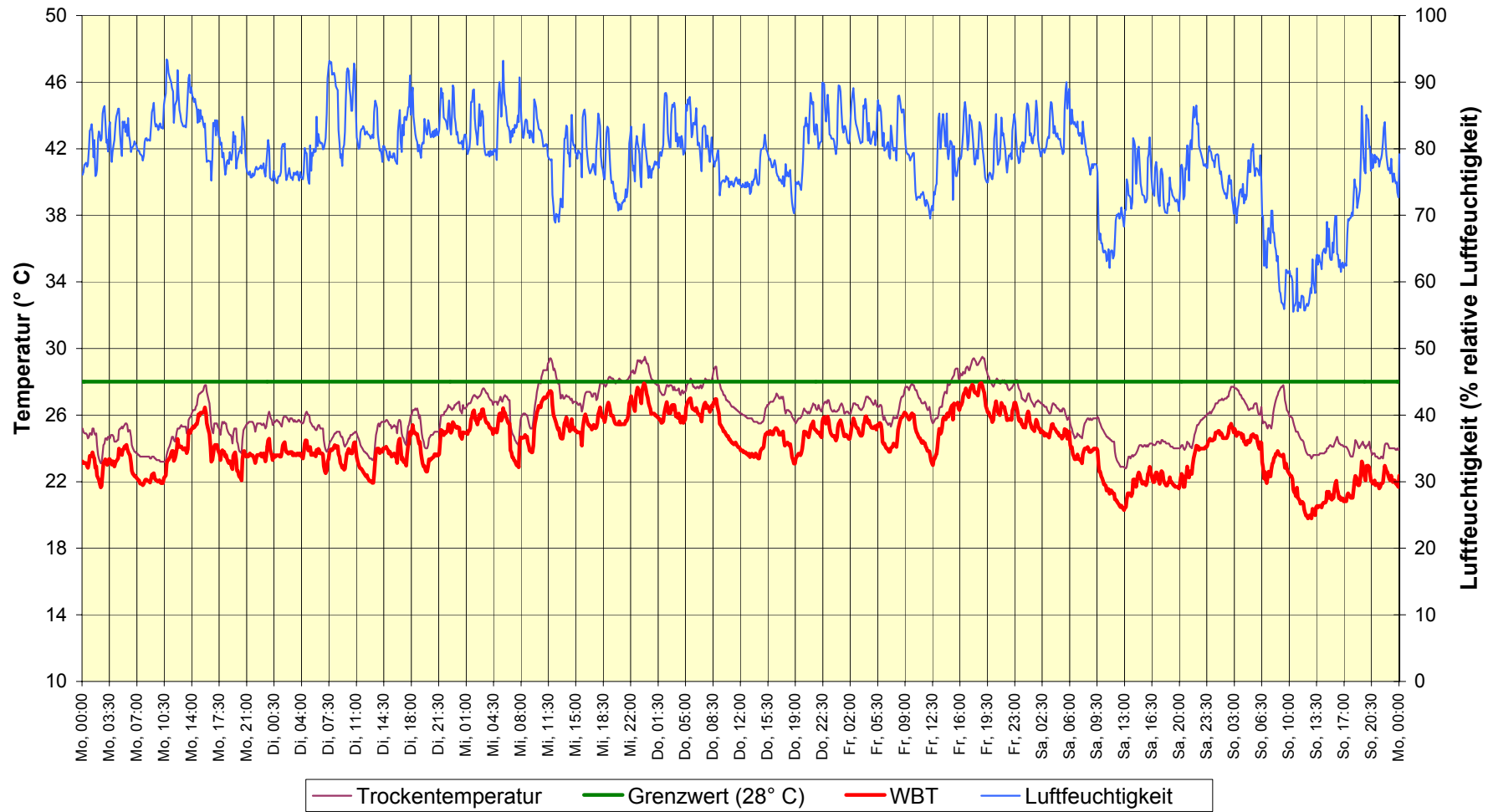


WBT-Wochendiagramm (KW 9-10)

Messort: TBM Ost Mobil

Diagramm: Baustelle: Consorzio TAT, Baustelle Bodio
Erster Datenpunkt: Montag, 28.02.2005 um 00:00 Uhr
Letzter Datenpunkt: Montag, 07.03.2005 um 00:00 Uhr
Messintervall: 7 Minuten
28° C WBT: Überschritten während 0 Minuten

Bemerkungen: L2 Bereich Messung

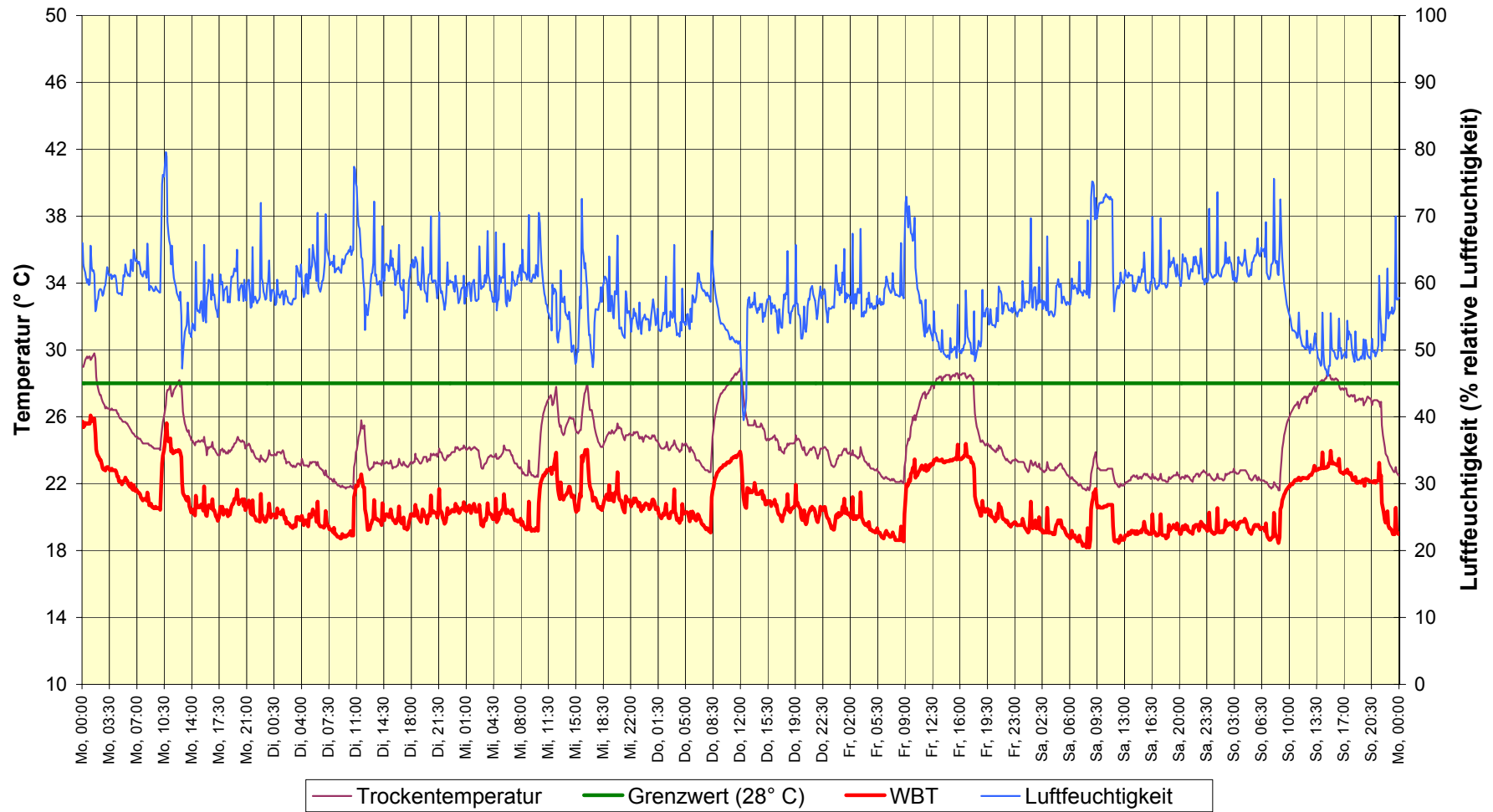


WBT-Wochendiagramm (KW 9-10)

Messort: TBM West Steuerstand

Diagramm: Baustelle: Consorzio TAT, Baustelle Bodio
Erster Datenpunkt: Montag, 28.02.2005 um 00:00 Uhr
Letzter Datenpunkt: Montag, 07.03.2005 um 00:00 Uhr
Messintervall: 7 Minuten
28° C WBT: Überschritten während 0 Minuten

Bemerkungen:

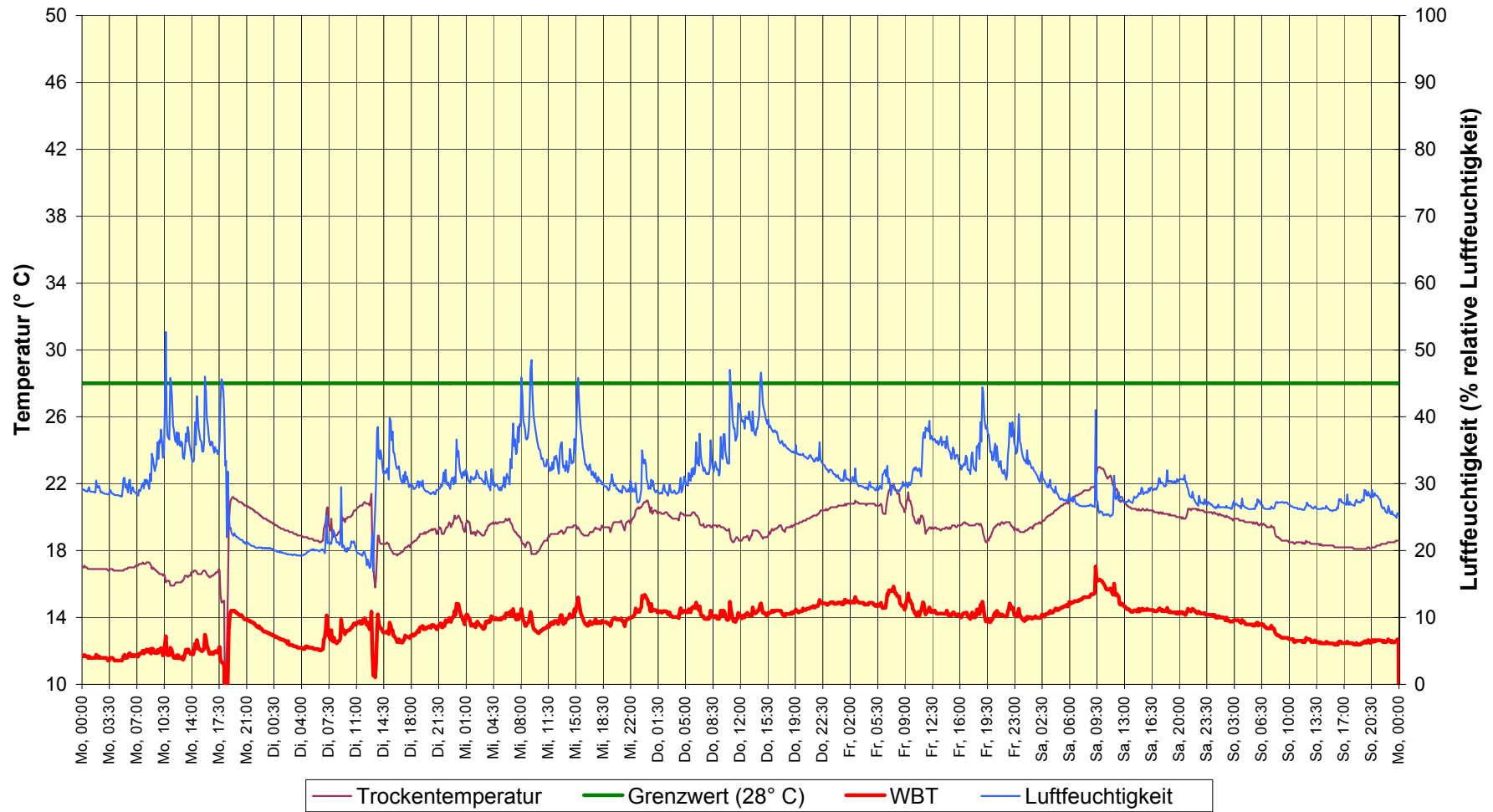


WBT-Wochendiagramm (KW 9-10)

Messort: Wurm Ost Mittelportal

Diagramm: Baustelle: Consorzio TAT, Baustelle Bodio
Erster Datenpunkt: Montag, 28.02.2005 um 00:00 Uhr
Letzter Datenpunkt: Montag, 07.03.2005 um 00:00 Uhr
Messintervall: 7 Minuten
28° C WBT: Überschritten während 0 Minuten

Bemerkungen:

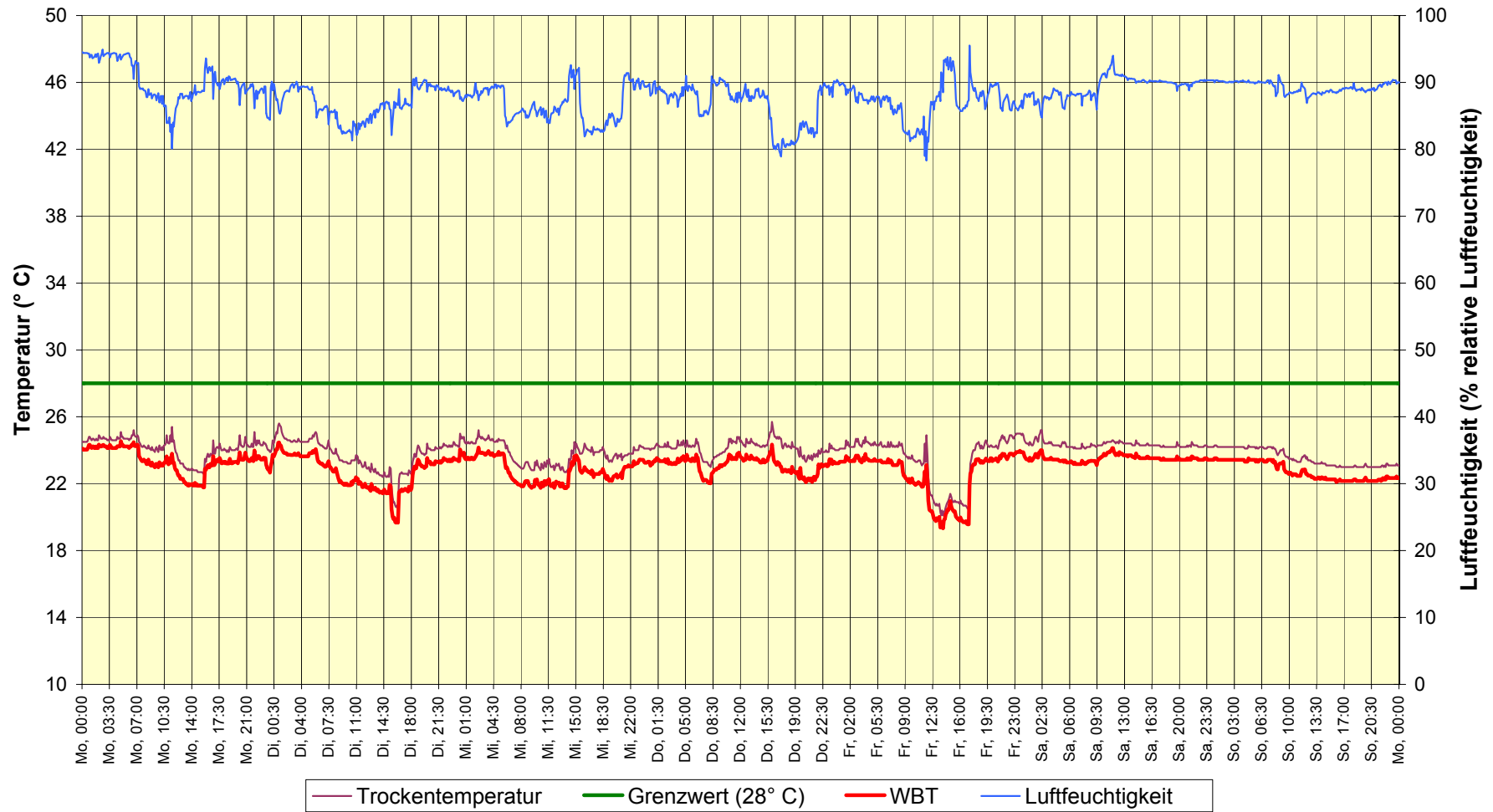


WBT-Wochendiagramm (KW 9-10)

Messort: Wurm West Mittelportal

Diagramm: Baustelle: Consorzio TAT, Baustelle Bodio
Erster Datenpunkt: Montag, 28.02.2005 um 00:00 Uhr
Letzter Datenpunkt: Montag, 07.03.2005 um 00:00 Uhr
Messintervall: 7 Minuten
28° C WBT: Überschritten während 0 Minuten

Bemerkungen:

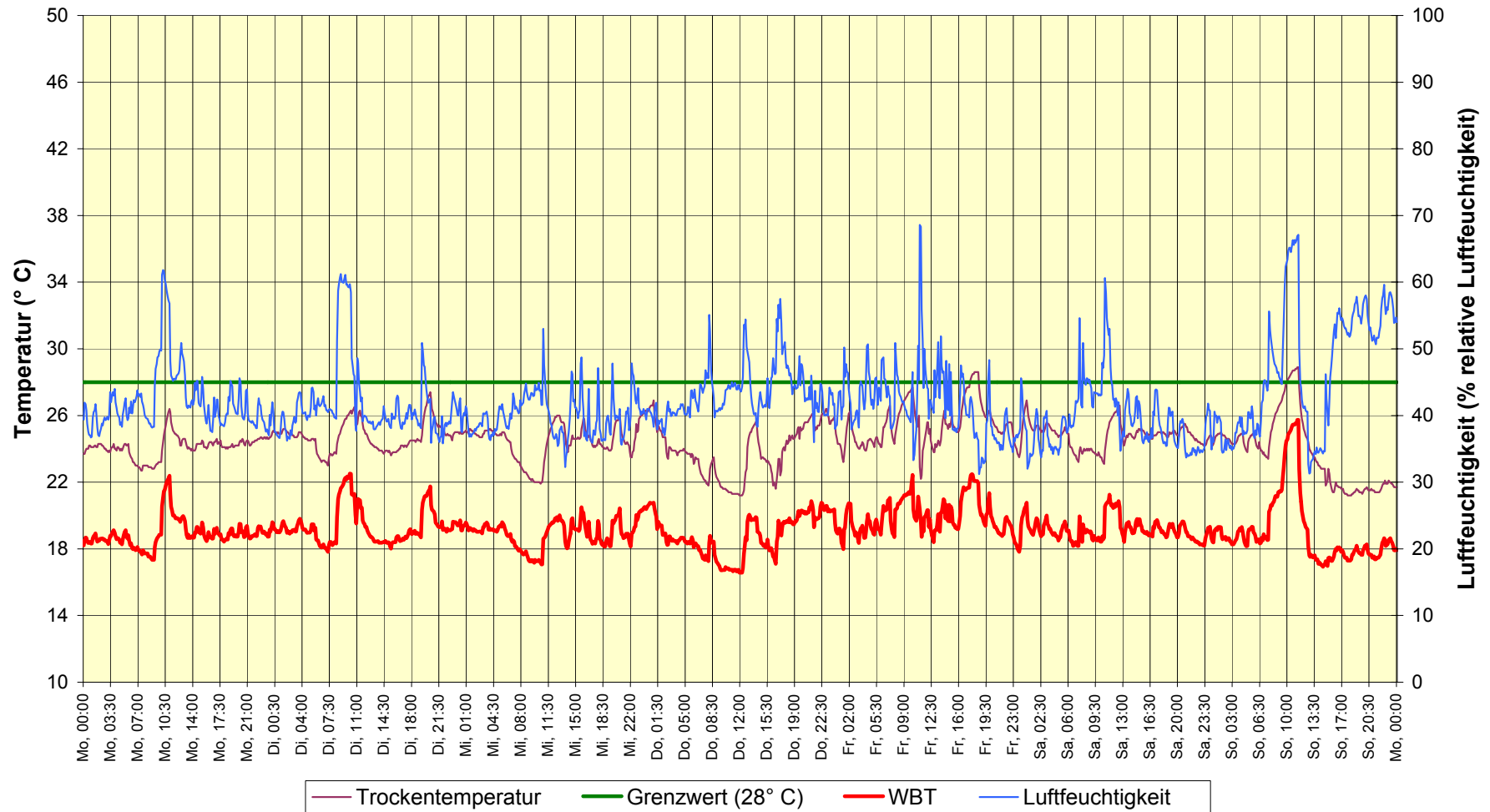


WBT-Wochendiagramm (KW 10-11)

Messort: TBM Ost Sohlbaustelle

Diagramm: Baustelle: Consorzio TAT, Baustelle Bodio
Erster Datenpunkt: Montag, 07.03.2005 um 00:00 Uhr
Letzter Datenpunkt: Montag, 14.03.2005 um 00:00 Uhr
Messintervall: 7 Minuten
28° C WBT: Überschritten während 0 Minuten

Bemerkungen: Messort vom Steuerstand auf Sohlbaustelle verlegt

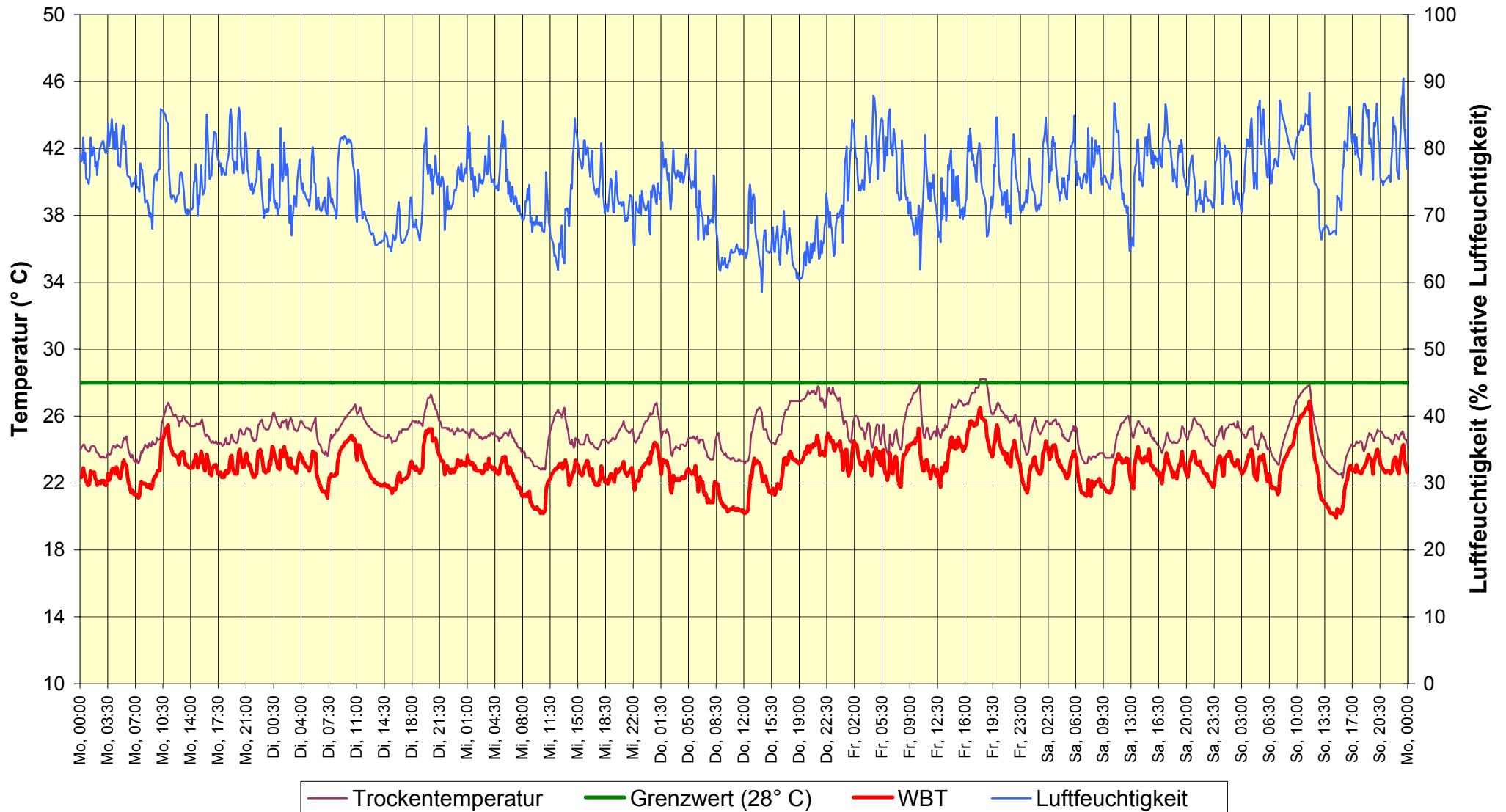


WBT-Wochendiagramm (KW 10-11)

Messort: TBM Ost Mobil

Diagramm: Baustelle: Consorzio TAT, Baustelle Bodio
Erster Datenpunkt: Montag, 07.03.2005 um 00:00 Uhr
Letzter Datenpunkt: Montag, 14.03.2005 um 00:00 Uhr
Messintervall: 7 Minuten
28° C WBT: Überschritten während 0 Minuten

Bemerkungen:

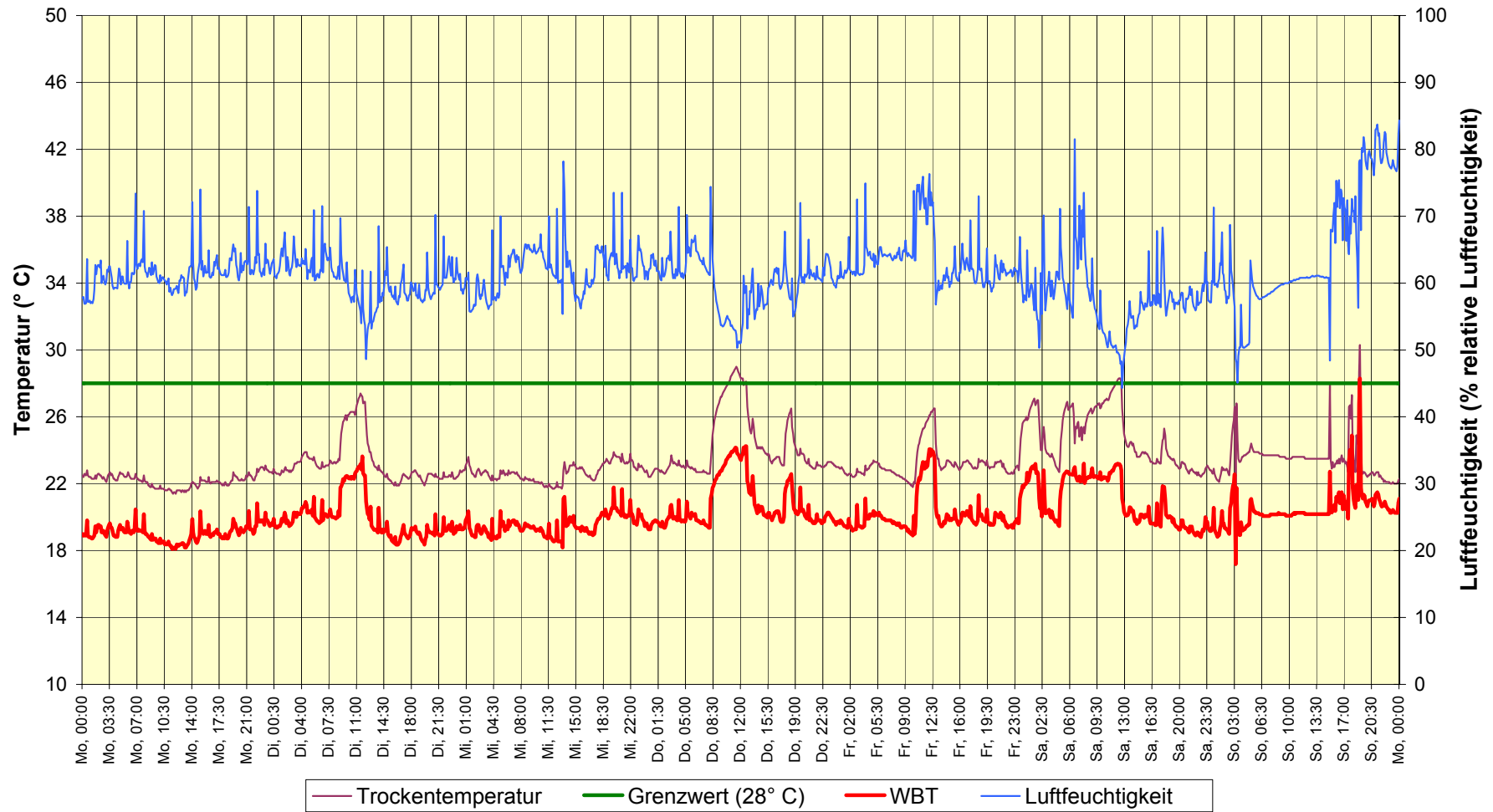


WBT-Wochendiagramm (KW 10-11)

Messort: TBM West Sohlbaustelle

Diagramm: Baustelle: Consorzio TAT, Baustelle Bodio
Erster Datenpunkt: Montag, 07.03.2005 um 00:00 Uhr
Letzter Datenpunkt: Montag, 14.03.2005 um 00:00 Uhr
Messintervall: 7 Minuten
28° C WBT: Überschritten während 7 Minuten

Bemerkungen: Messort vom Steuerstand auf Sohlbaustelle verlegt

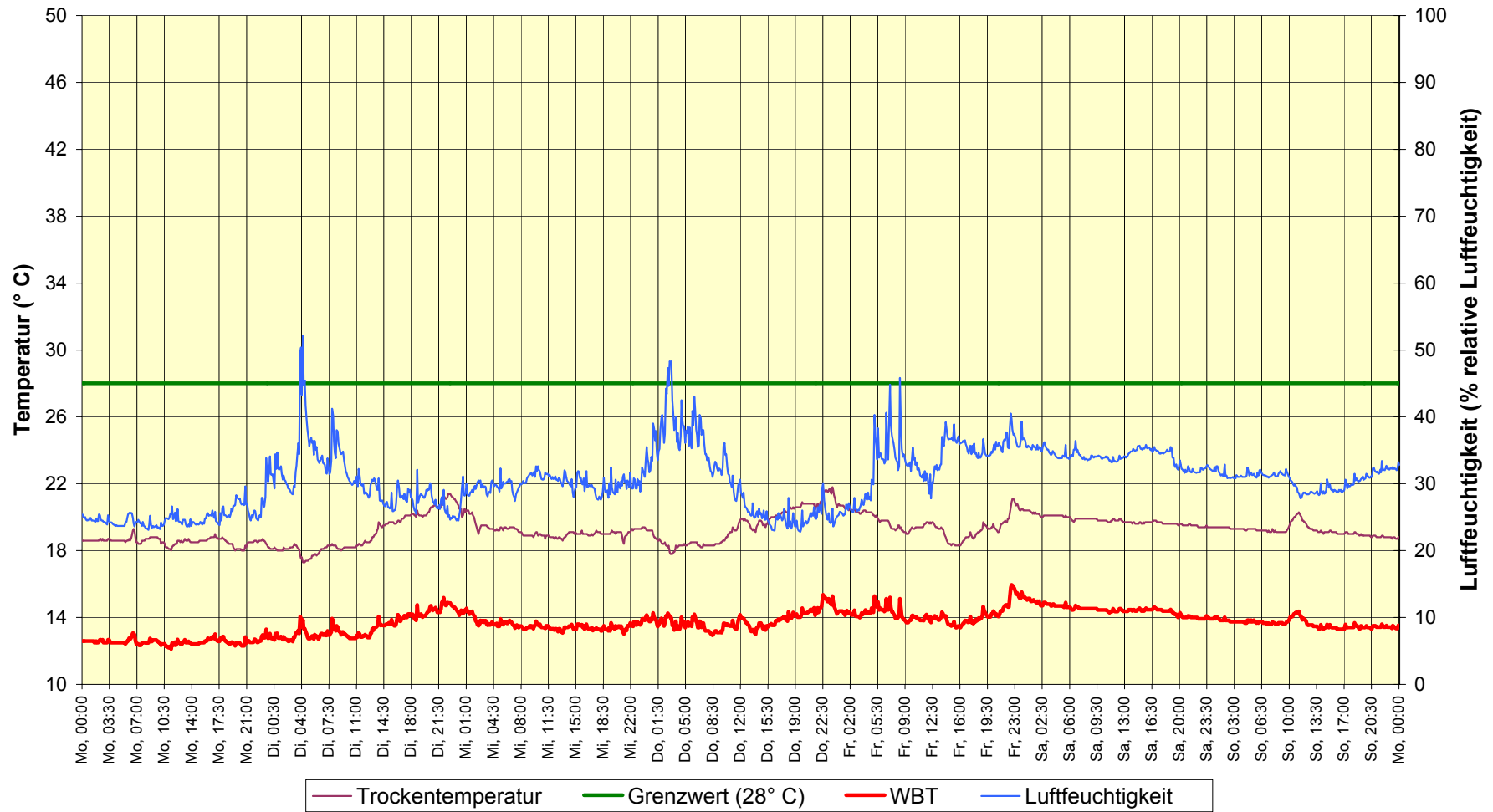


WBT-Wochendiagramm (KW 10-11)

Messort: Wurm Ost Mittelportal

Diagramm: Baustelle: Consorzio TAT, Baustelle Bodio
Erster Datenpunkt: Montag, 07.03.2005 um 00:00 Uhr
Letzter Datenpunkt: Montag, 14.03.2005 um 00:00 Uhr
Messintervall: 7 Minuten
28° C WBT: Übersritten während 0 Minuten

Bemerkungen:



WBT-Wochendiagramm (KW 10-11)

Messort: Wurm West Mittelportal

Diagramm: Baustelle: Consorzio TAT, Baustelle Bodio
Erster Datenpunkt: Montag, 07.03.2005 um 00:00 Uhr
Letzter Datenpunkt: Montag, 14.03.2005 um 00:00 Uhr
Messintervall: 7 Minuten
28° C WBT: Überschritten während 0 Minuten

Bemerkungen:

