

LfL - Hopfenbauversammlungen 2015

Neue Erkenntnisse zur Leistungssteigerung und Energieeffizienz von Hopfentrocknungsanlagen



Münsterer Jakob – LfL Arbeitsbereich Hopfen – IPZ 5a

Neue Erkenntnisse zur Leistungssteigerung und Energieeffizienz von Hopfentrocknungsanlagen

- Leistungssteigerung durch Trocknungsoptimierung
- Dimensionierung und Trocknungsleistung
- Technische Voraussetzungen für Energieeffizienz
- Ursachen für „Veränderungen der typischen Doldenfarbe und fehlenden Glanz“
- Trocknungsabschnitte von kapillarporösen, hygroskopischen Produkten
- Unterschiedliches Trocknungsverhalten der Hopfensorten
- Darrablufttemperatur ein wichtiger Messwert
- Richtiges Verhältnis von Luftgeschwindigkeit und Trocknungstemperatur
- Produkttemperatur eine neue Regelgröße?
- Fazit

Leistungssteigerung durch Trocknungsoptimierung

„ In jeder Trocknungsanlage ist noch eine Leistungssteigerung von > 20 – 30% möglich! “ (Stand 2010)



Optimierung ist erreicht, wenn ...

- einheitlicher Befüll- und Entleer-Rhythmus (z.B. stündlich)
- nach jedem Entleeren des Schubers, die Aufschütthorde sofort wieder mit Grünhopfen befüllt werden kann



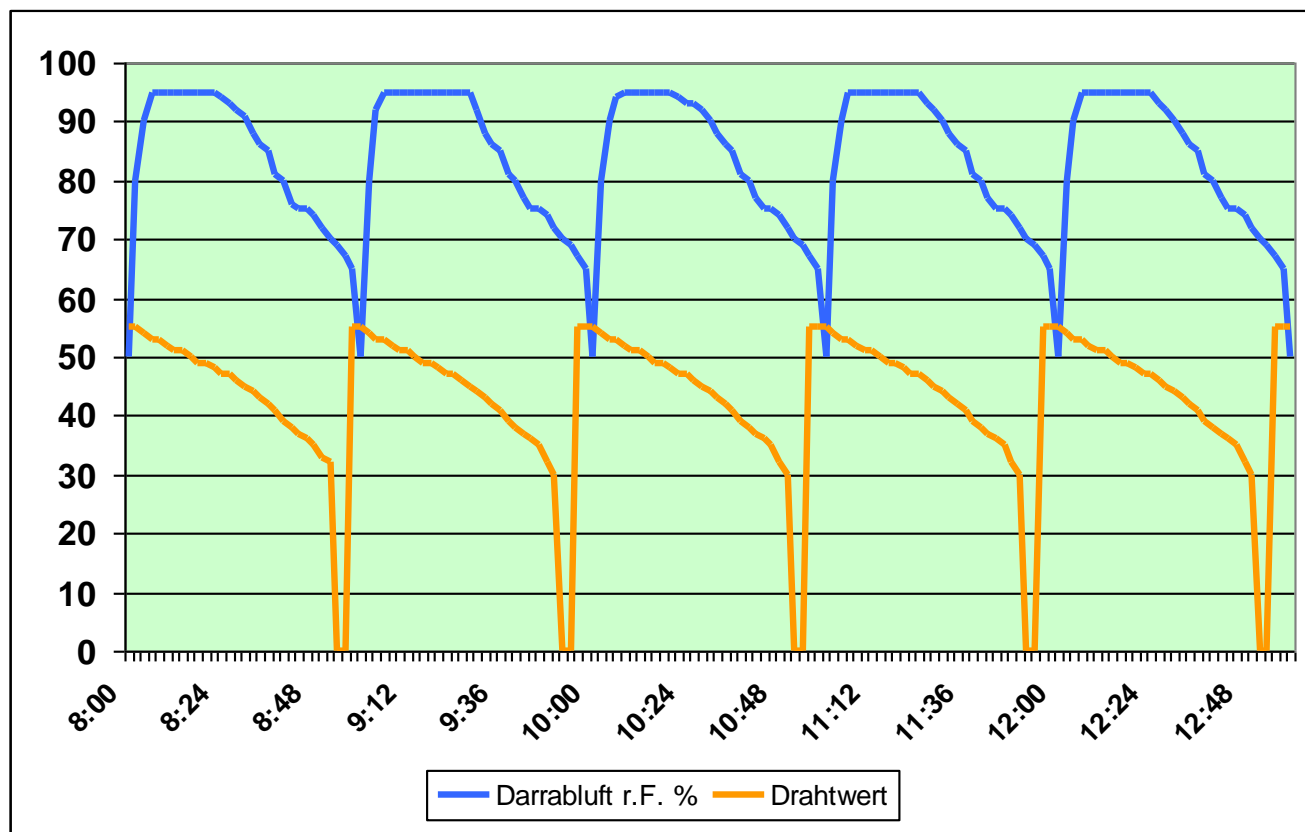
Optimierung ist erreichbar durch...

richtiges Verhältnis von **Temperatur**,
Luftgeschwindigkeit und **Schütthöhe**

Graphische Darstellung wichtiger Messwerte

Einheitlicher Befüll- und Entleer-Rhythmus erkennbar über

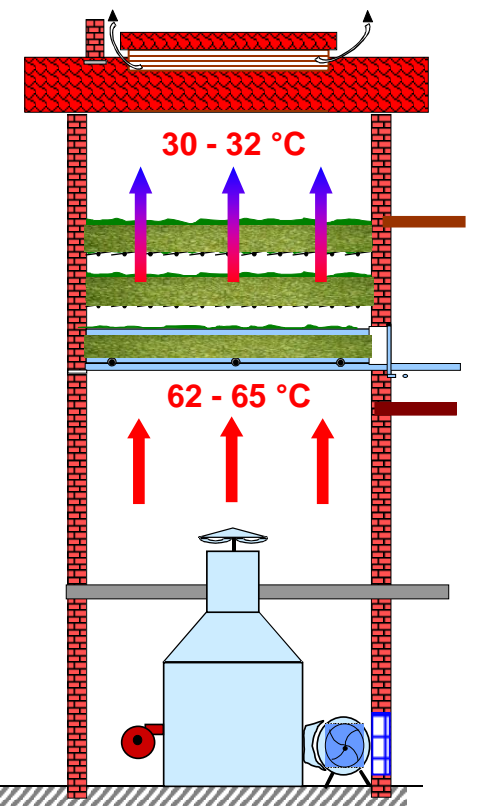
rel. Darrluftfeuchte und „Draht im Schuber“



Korrektur über Veränderung der Luftgeschwindigkeit möglich !

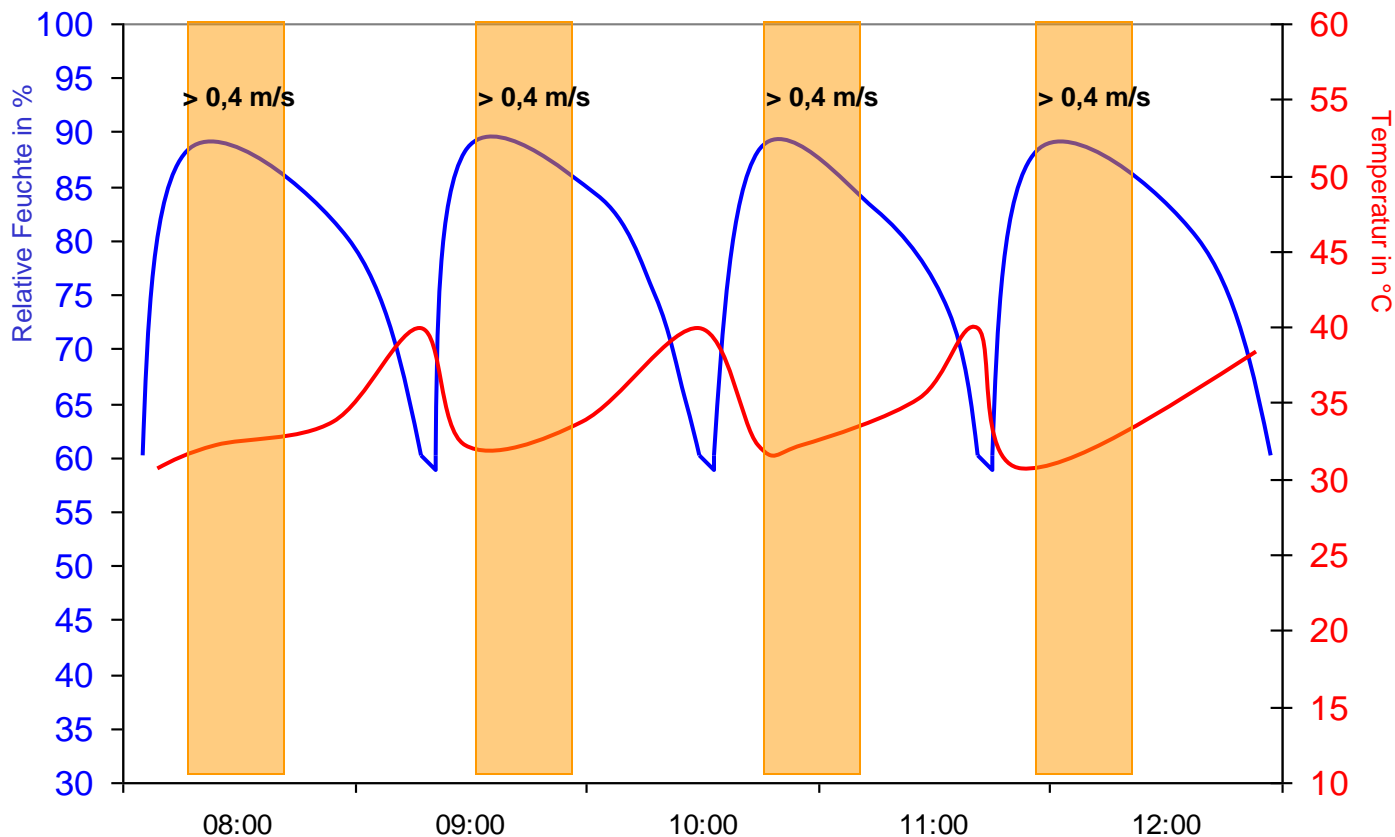
Graphische Darstellung wichtiger Messwerte

Steigerung der Trocknungsleistung durch richtige Luftgeschwindigkeit!



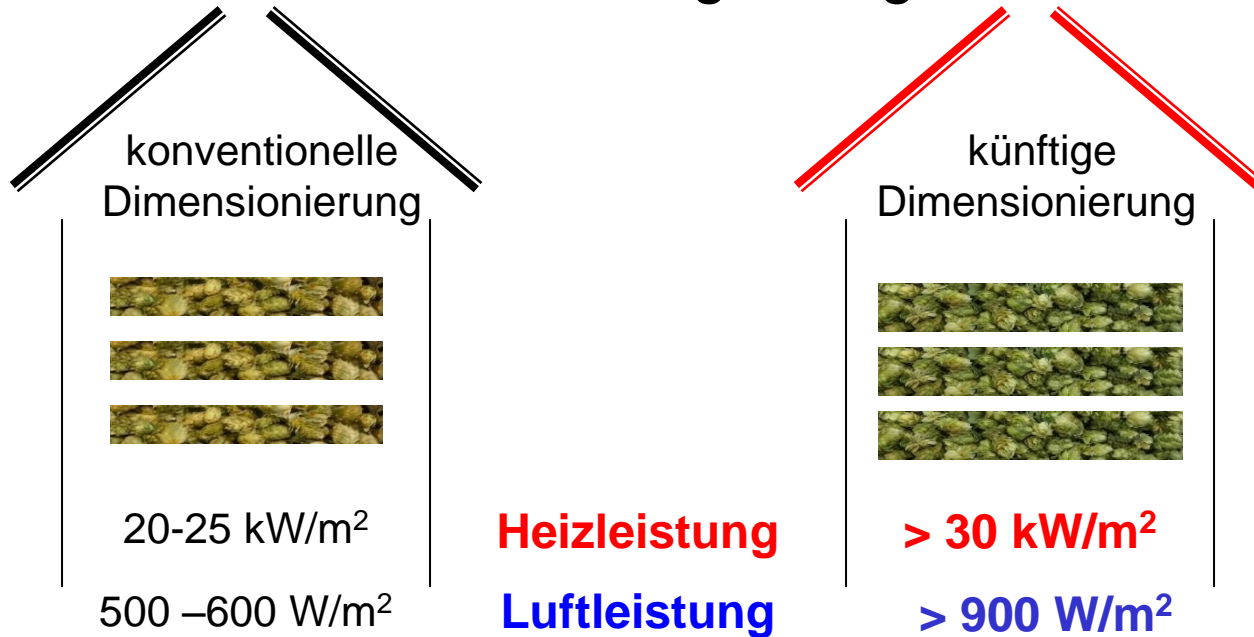
Schema einer Hopfendarre

Relative Feuchte und Temperatur der Darrabluft



Dimensionierung und Trocknungsleistung

Neue Trends in der Dimensionierung von Trocknungsanlagen

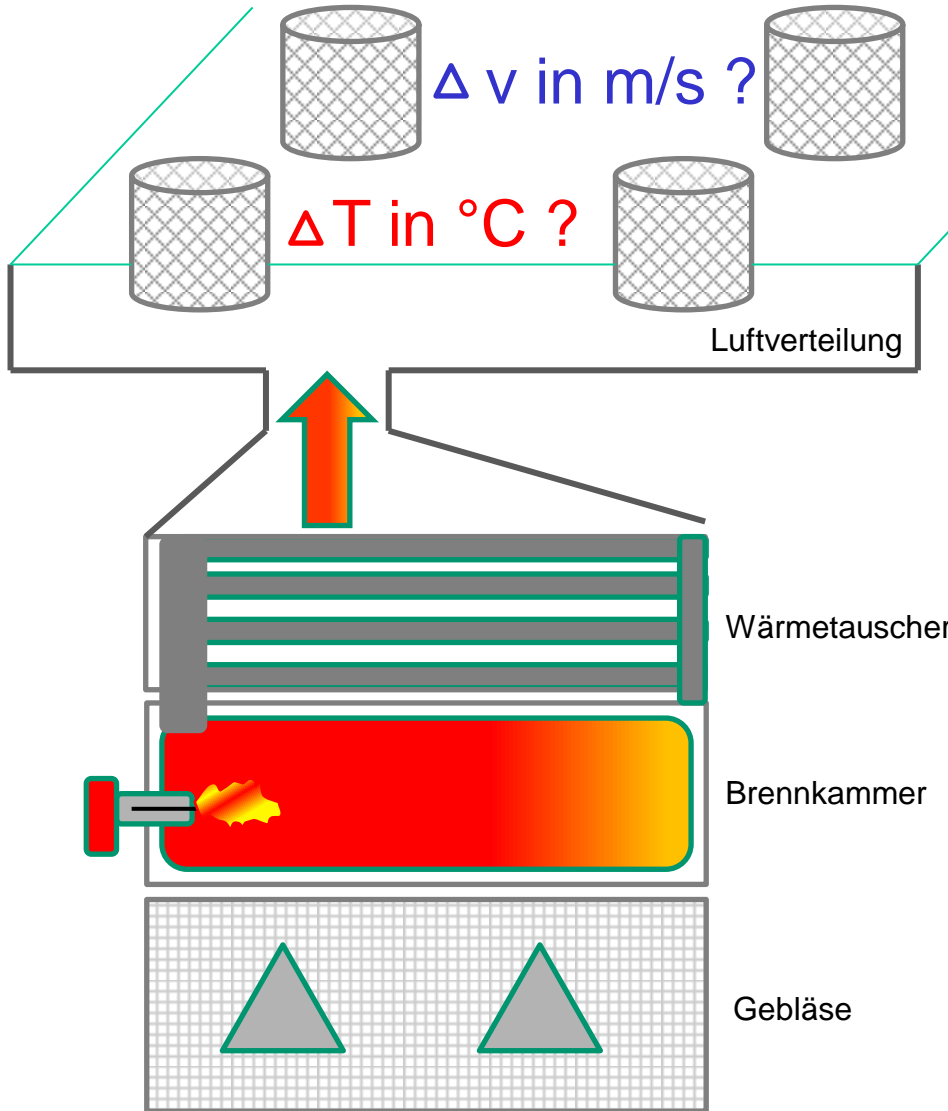


Wichtige Kennzahl: Trocknungsleistung in kg/m² u. Std

Neue Erkenntnisse zur Leistungssteigerung und Energieeffizienz von Hopfentrocknungsanlagen

- Leistungssteigerung durch Trocknungsoptimierung
- Dimensionierung und Trocknungsleistung
- Technische Voraussetzungen für Energieeffizienz**
- Ursachen für „Veränderungen der typischen Doldenfarbe und fehlenden Glanz“
- Trocknungsabschnitte von kapillarporösen, hygroskopischen Produkten
- Unterschiedliches Trocknungsverhalten der Hopfensorten
- Darrablufttemperatur ein wichtiger Messwert
- Richtiges Verhältnis von Luftgeschwindigkeit und Trocknungstemperatur
- Produkttemperatur eine neue Regelgröße?
- Fazit

Technische Voraussetzungen für Energieeffizienz

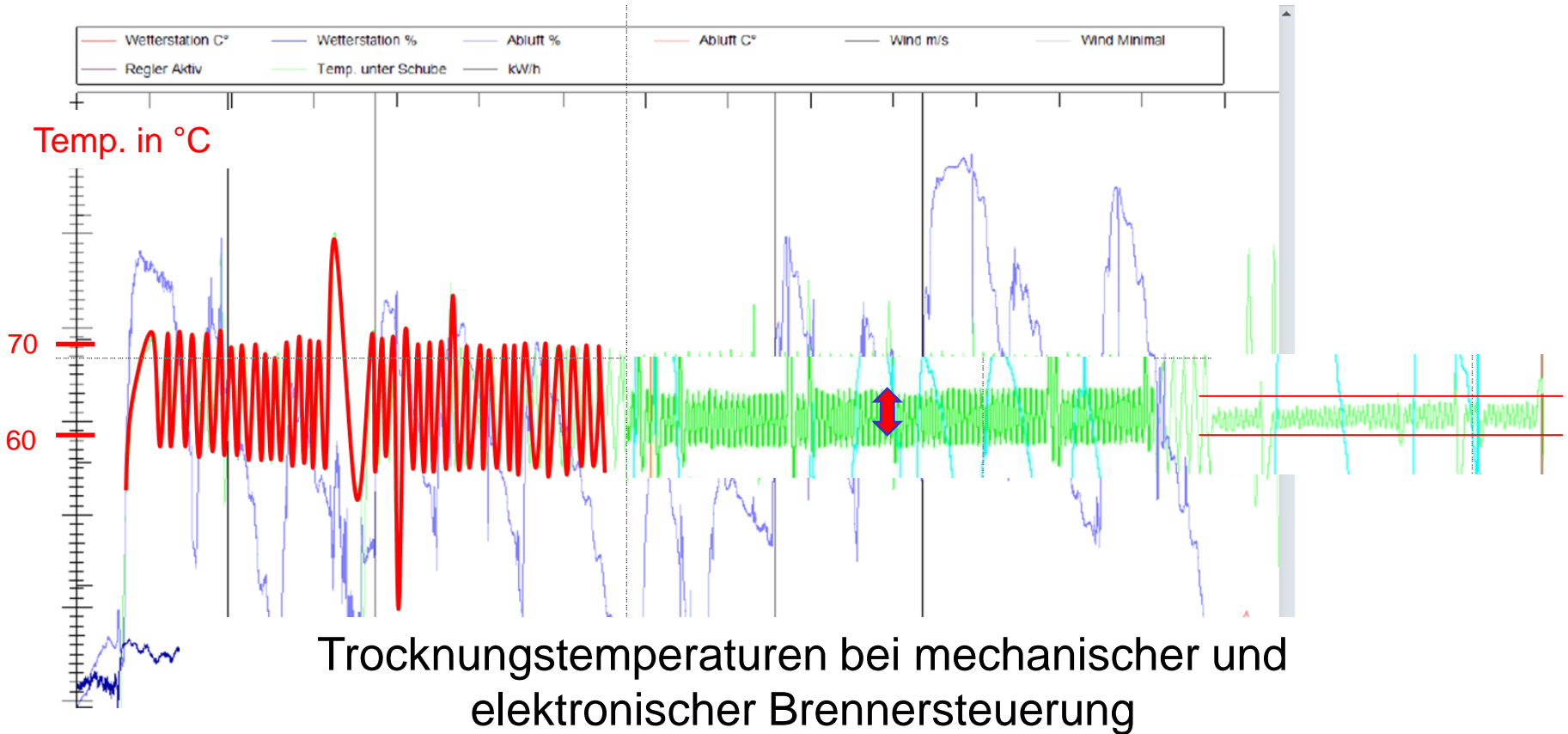


Schema: Lufterhitzer

**... sind konstante
Trocknungstemperaturen**

- geeignete Brennersteuerung
- bei Stufenbrennern Anpassung der Brennerstufen auf den Temperaturbereich der Ansaugluft
- modulierende (stufenlose) Brenner
 - v.a. im Teillastbetrieb 10-12% Energieeinsparung
 - niedrigere Abgastemperaturen

... sind konstante Trocknungstemperaturen !



Neue Erkenntnisse zur Leistungssteigerung und Energieeffizienz von Hopfentrocknungsanlagen

- Leistungssteigerung durch Trocknungsoptimierung
- Dimensionierung und Trocknungsleistung
- Technische Voraussetzungen für Energieeffizienz
- Ursachen für „Veränderungen der typischen Doldenfarbe und fehlenden Glanz“**
- Trocknungsabschnitte von kapillarporösen, hygroskopischen Produkten
- Unterschiedliches Trocknungsverhalten der Hopfensorten
- Darrablufttemperatur ein wichtiger Messwert
- Richtiges Verhältnis von Luftgeschwindigkeit und Trocknungstemperatur
- Produkttemperatur eine neue Regelgröße?
- Fazit

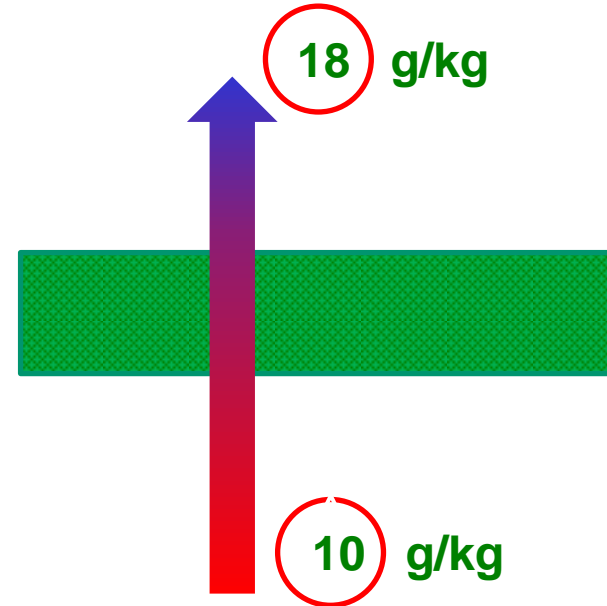
Ursachen für „Farbveränderungen“ ...

...Kleintrocknungsversuche



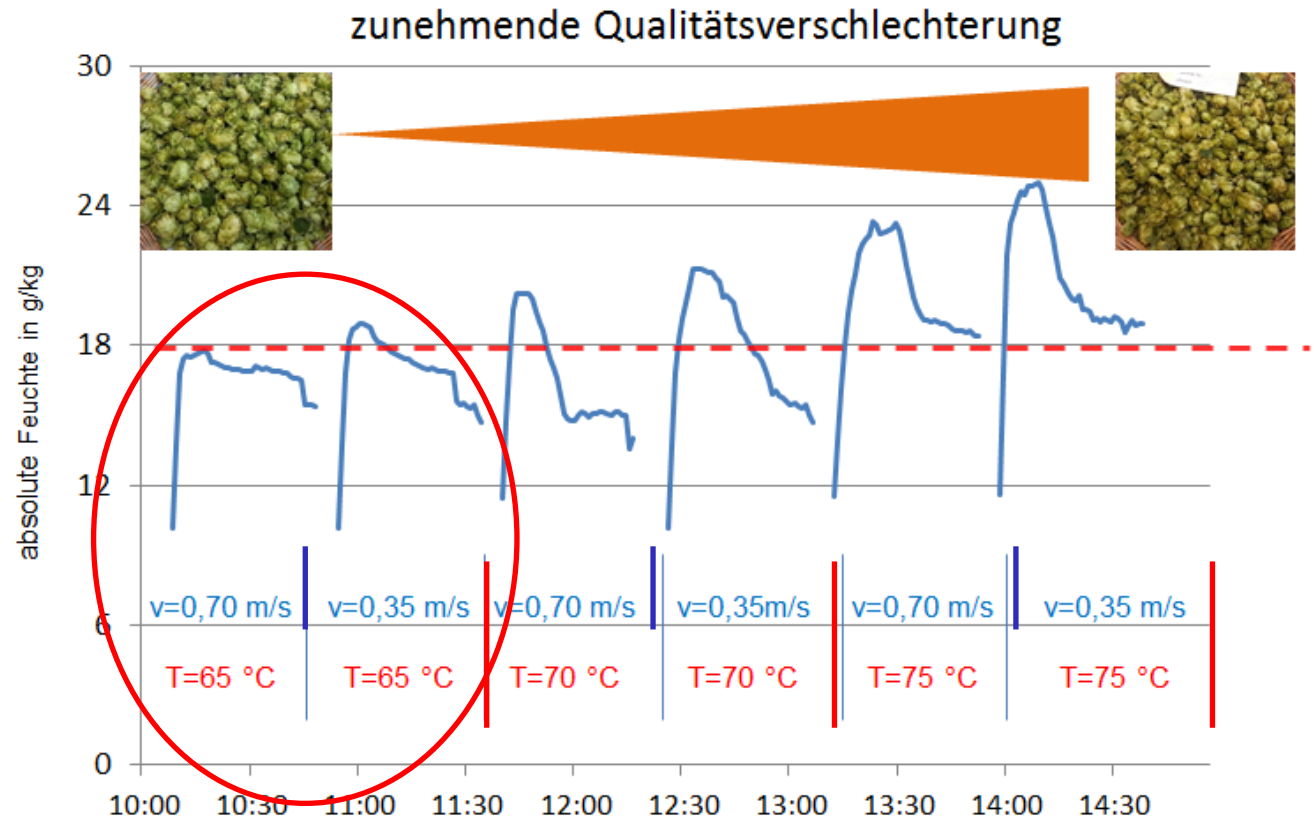
Messen und graphische Aufbereitung von

- Temperatur in °C
- Luftfeuchte in %
- Absolute Feuchte in g/kg



Ursachen für „Farbveränderungen“ ...

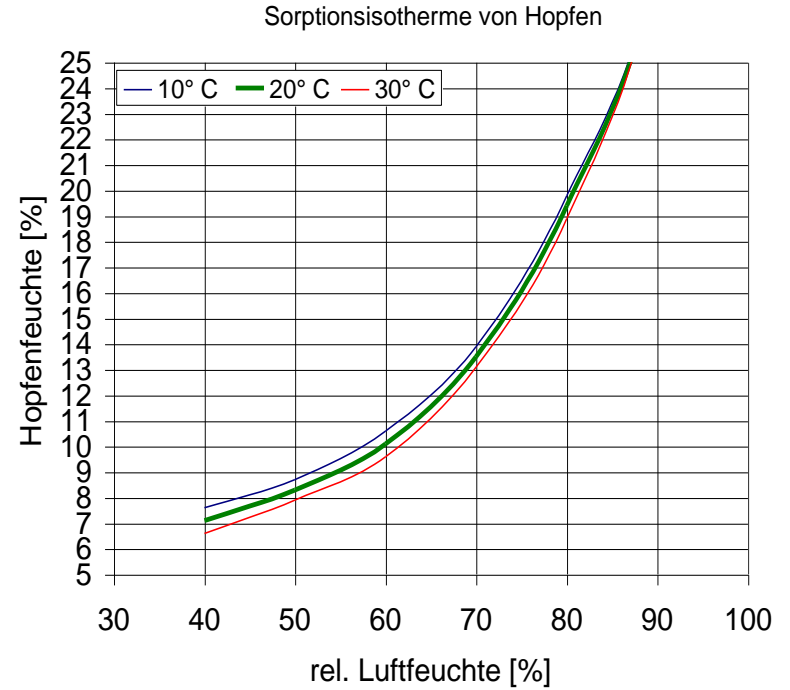
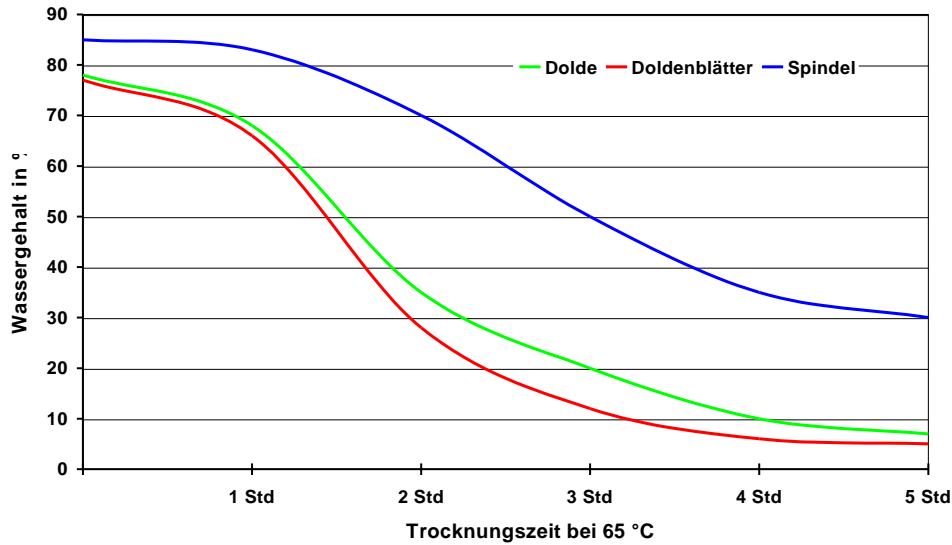
....Kleintrocknungsversuche:



Neue Erkenntnisse zur Leistungssteigerung und Energieeffizienz von Hopfentrocknungsanlagen

- Leistungssteigerung durch Trocknungsoptimierung
- Dimensionierung und Trocknungsleistung
- Technische Voraussetzungen für Energieeffizienz
- Ursachen für „Veränderungen der typischen Doldenfarbe und fehlenden Glanz“
- Trocknungsabschnitte von kapillarporösen, hygroskopischen Produkten**
- Unterschiedliches Trocknungsverhalten der Hopfensorten
- Darrablufttemperatur ein wichtiger Messwert
- Richtiges Verhältnis von Luftgeschwindigkeit und Trocknungstemperatur
- Produkttemperatur eine neue Regelgröße?
- Fazit

Trocknungsabschnitte von Hopfen



Trocknungsabschnitte von Hopfen

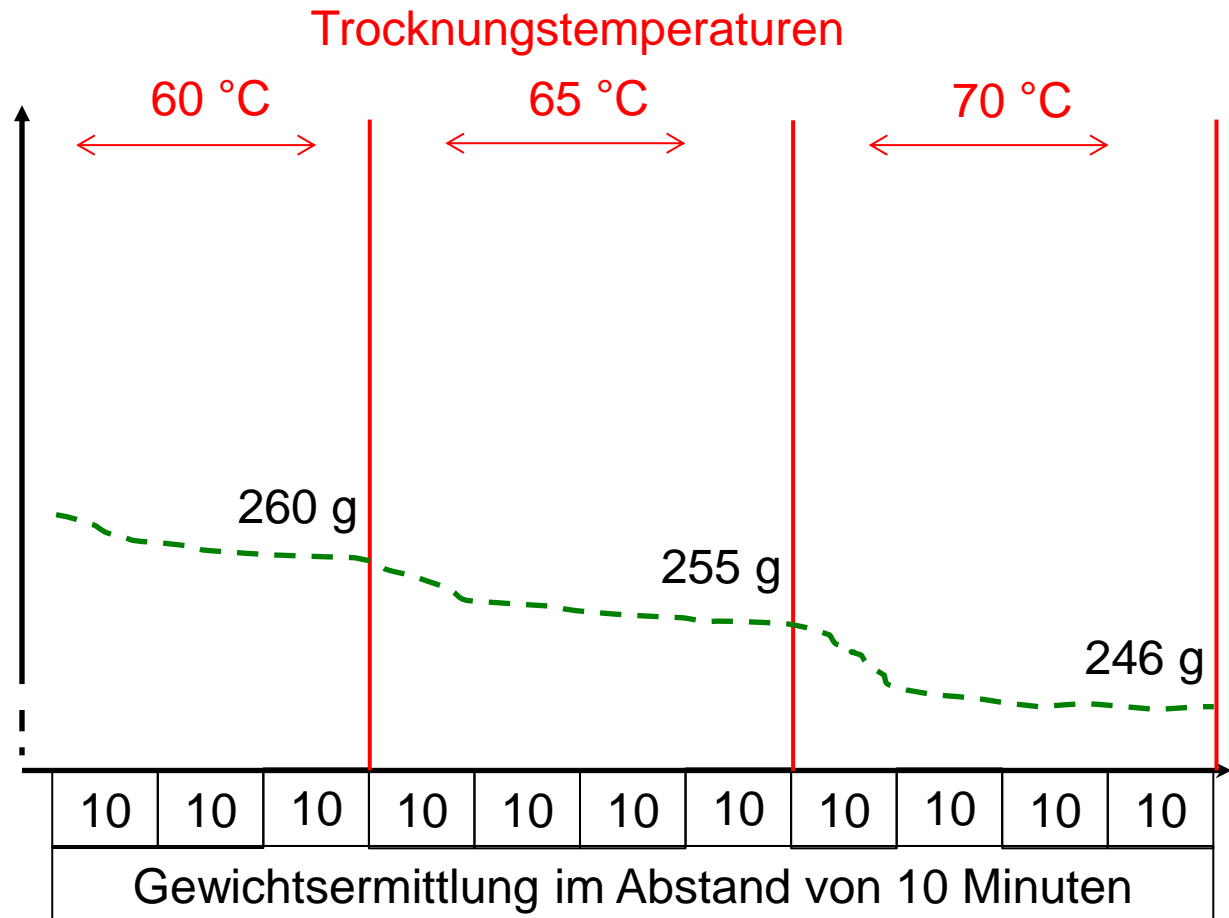
Hopfen = kapillarporöses, hygroskopisches Produkt

Die **Gleichgewichtsfeuchte** ist abhängig von **Temperatur** und **Luftfeuchte!**

Einwaage 900 g



$v = 0,35 \text{ m/s}$



Neue Erkenntnisse zur Leistungssteigerung und Energieeffizienz von Hopfentrocknungsanlagen

- Leistungssteigerung durch Trocknungsoptimierung
- Dimensionierung und Trocknungsleistung
- Technische Voraussetzungen für Energieeffizienz
- Ursachen für „Veränderungen der typischen Doldenfarbe und fehlenden Glanz“
- Trocknungsabschnitte von kapillarporösen, hygroskopischen Produkten
- Unterschiedliches Trocknungsverhalten der Hopfensorten**
- Darrablufttemperatur ein wichtiger Messwert
- Richtiges Verhältnis von Luftgeschwindigkeit und Trocknungstemperatur
- Produkttemperatur eine neue Regelgröße?
- Fazit

Trocknungsverhalten der Sorten ist unterschiedlich...

- ... Trockensubstanz von Aromasorten und Bitterstoffsorten
- ... unterschiedlichen prozentualen Spindelanteil am Doldengewicht
- ... unterschiedlichen Doldenaufbau



Trocknungsverhalten der Sorten ist unterschiedlich...

- ... **Trockensubstanz von Aromasorten und Bitterstoffsorten**
- ... **unterschiedlichen prozentualen Spindelanteil am Doldengewicht**
- ... **unterschiedlichen Doldenaufbau**

Prozentuale Gewichtsanteil der Spindel am Gesamtgewicht der Dolden



Sorte	Spindelanteil in %
Hallertauer mfr.	10 - 12
Hallertauer Tradition	9 - 10
Perle	9 - 10
Spalter Select	8,5 - 9
Northern Brewer	9 - 10
Hallertauer Magnum	6,3 – 7,5
Herkules	8,0 – 9,0

Neue Erkenntnisse zur Leistungssteigerung und Energieeffizienz von Hopfentrocknungsanlagen

- Leistungssteigerung durch Trocknungsoptimierung
- Dimensionierung und Trocknungsleistung
- Technische Voraussetzungen für Energieeffizienz
- Ursachen für „Veränderungen der typischen Doldenfarbe und fehlenden Glanz“
- Trocknungsabschnitte von kapillarporösen, hygroskopischen Produkten
- Unterschiedliches Trocknungsverhalten der Hopfensorten
- Darrablufttemperatur ein wichtiger Messwert**
- Richtiges Verhältnis von Luftgeschwindigkeit und Trocknungstemperatur
- Produkttemperatur eine neue Regelgröße?
- Fazit

Darrabluft, ein wichtiger Messwert



Darrluft, ein wichtiger Messwert

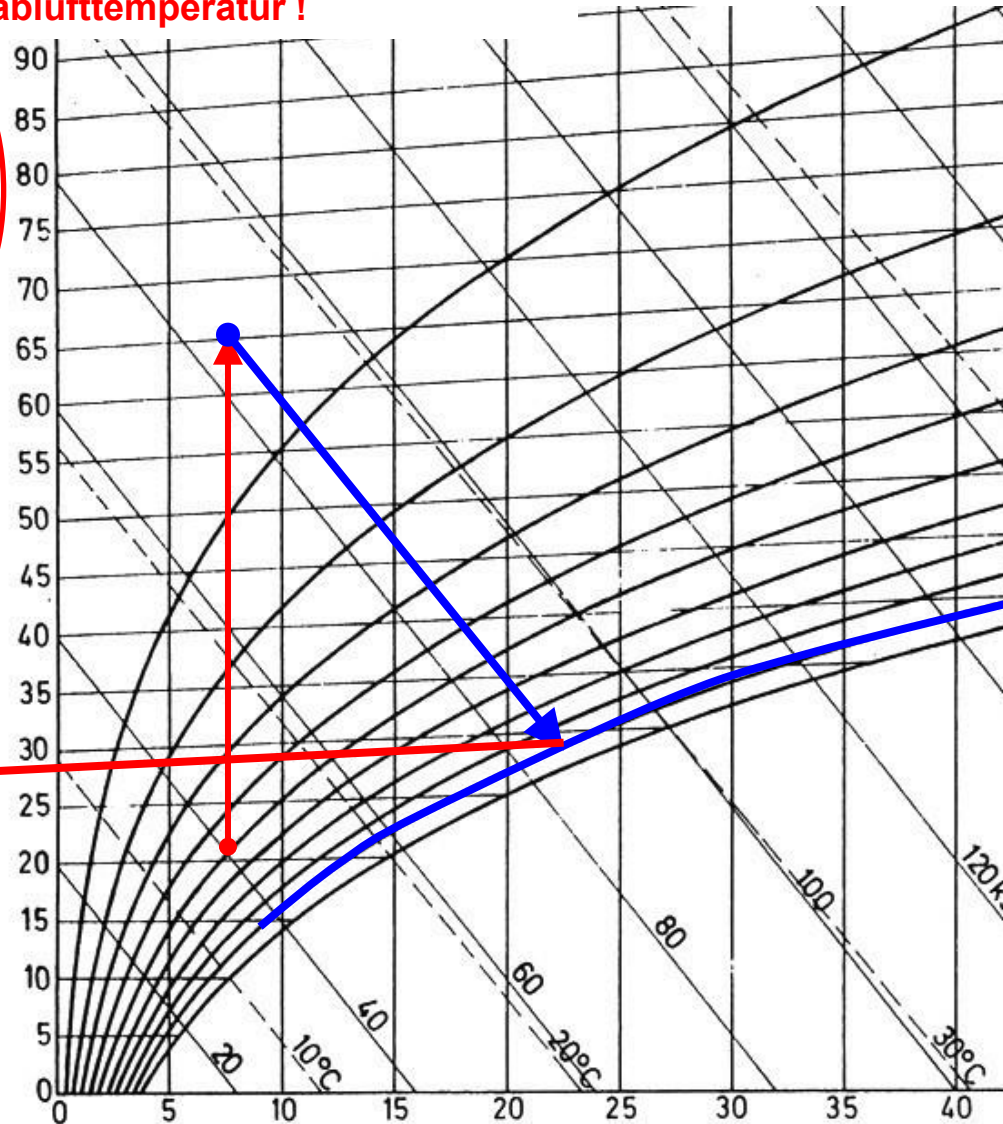
... durch Messen der Darrlufttemperatur !

Luftfeuchte in %

t [°C]
↑

erforderliche Darrlufttemperatur :

> 28°C



hx-Diagramm

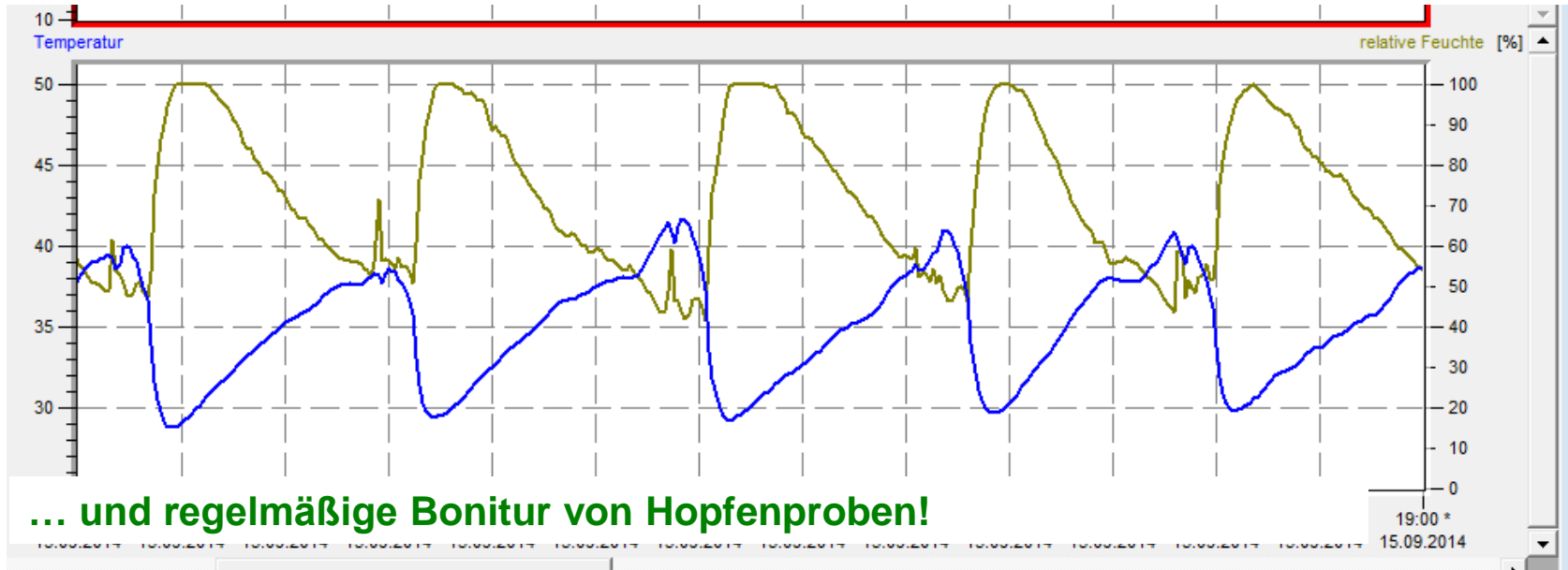
Erhaltung und Sicherung der Hopfenqualität

Quelle: Qualitätsbefund NQF

Qualitätstabelle für deutschen Siegelhopfen Qualitätsmerkmal	Ergebnis der Prüfung in Gewichts-% bzw. Einstufung		monetäre Bewertung (Zuschlag/Abschlag) Qualitätstabelle 20
1. Wassergehalt	9,7		2,0
2. a) Blatt-/Stengelanteil	0,4	0,0	2,0
b) Hopfenabfall		0,4	
3. Doldenblätter	13		0,0
4. Sortenreinheit	0,0		
a) Fremdbestandteile (Erdbrocken, Steine, Draht)	0,0		
b) () Fremdsorten			
() Samenanteile			
5. Dolden	3 (mittlerer Befall)		- 2,0
a) Krankheiten und Schädlinge			
() Peronospora (X) Mehltau () Botrytis			
() Blattlaus () Spinnmilbe () Minderschädlinge			
b) Farbe			
(X) Veränderung der typischen Doldenfarbe, fehlender Glanz			
c) Geruch			
() kein sortentypisches Aroma, muffig, modrig, Fremdgeruch			
Boniturnote 1 - 5			
Saldo			2,0
6. Bemerkungen:			

Darrabluft, ein wichtiger Messwert

... durch graphische Darstellung der Darrabluftmessungen...



... und regelmäßige Bonitur von Hopfenproben!

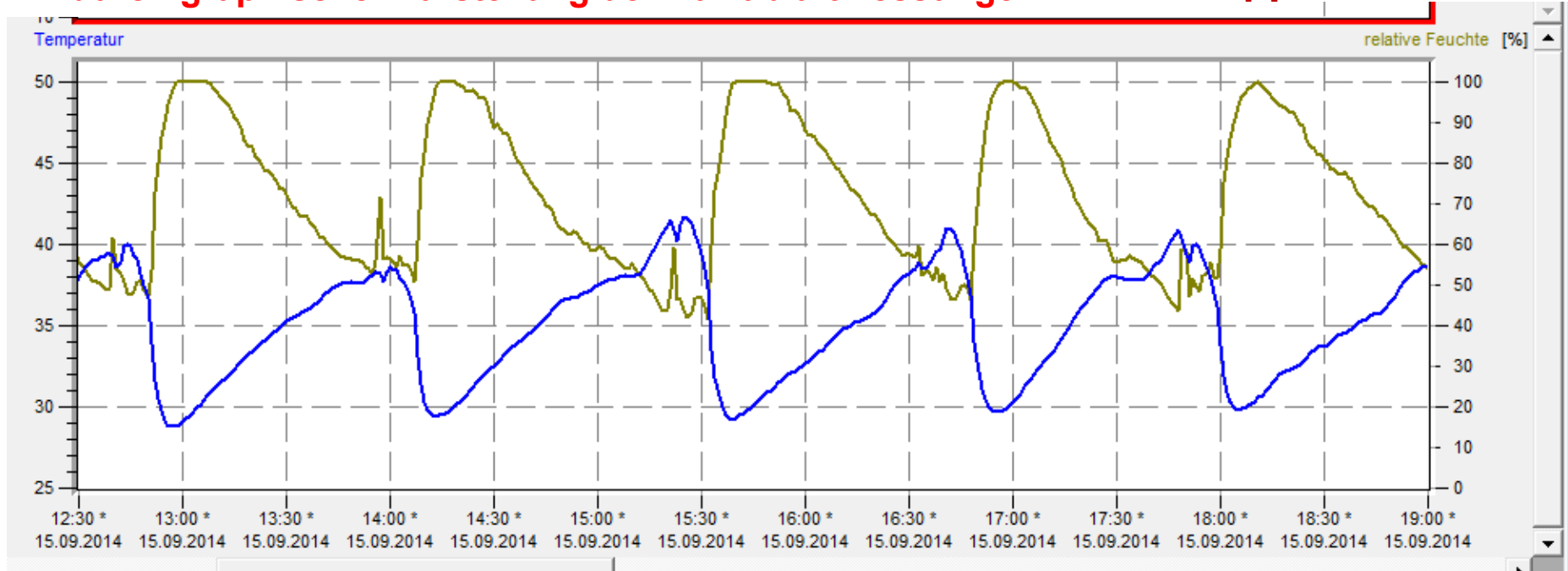


Neue Erkenntnisse zur Leistungssteigerung und Energieeffizienz von Hopfentrocknungsanlagen

- Leistungssteigerung durch Trocknungsoptimierung
- Dimensionierung und Trocknungsleistung
- Technische Voraussetzungen für Energieeffizienz
- Ursachen für „Veränderungen der typischen Doldenfarbe und fehlenden Glanz“
- Trocknungsabschnitte von kapillarporösen, hygroskopischen Produkten
- Unterschiedliches Trocknungsverhalten der Hopfensorten
- Darrablufttemperatur ein wichtiger Messwert
- Richtiges Verhältnis von Luftgeschwindigkeit und Trocknungstemperatur**
- Produkttemperatur eine neue Regelgröße?
- Fazit

Luftgeschwindigkeit und Trocknungstemperatur...

... durch graphische Darstellung der Darrabluftmessungen...



Gebläse-
Leistung in %:

70 %

90 %

75 %

60 %

Temperatur
in °C

62 °C

65 °C

65 °C

63 °C

Dauer in
Minuten

10

30

15

10

Luftgeschwindigkeit und Trocknungstemperatur...

... sind in den einzelnen Trocknungsabschnitten unterschiedlich!

Fallbeispiel: Aromasorte

1. Trocknungsabschnitt



2. Trocknungsabschnitt



3. Trocknungsabschnitt



Gebläse-
Leistung in %:

70 %

90 %

75 %

60 %

Temperatur
in °C

62 °C

65 °C

65 °C

63 °C

Dauer in
Minuten

10

30

15

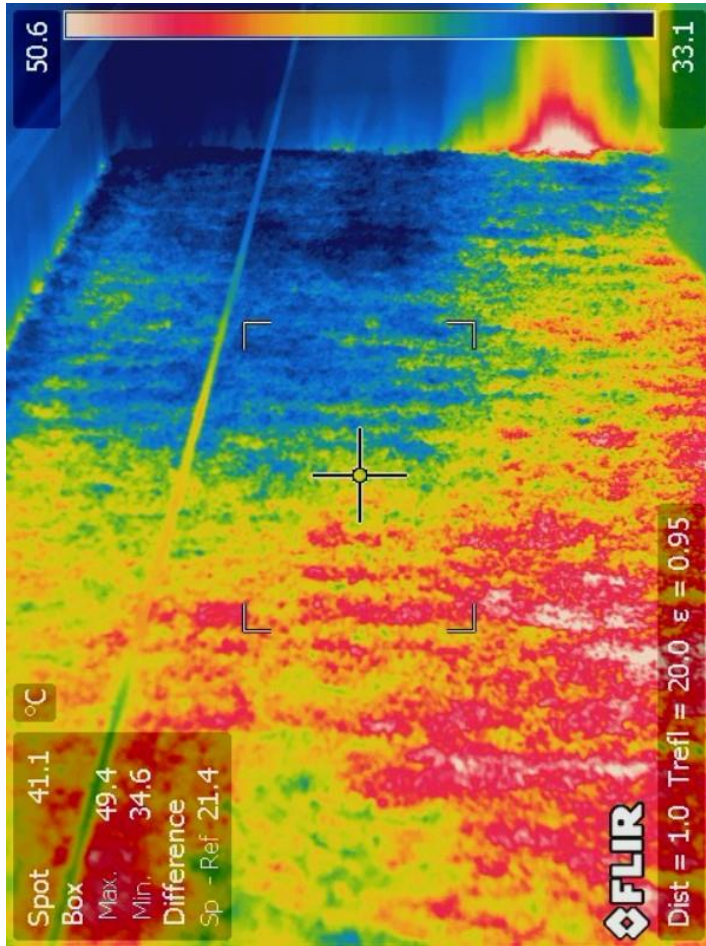
10

Neue Erkenntnisse zur Leistungssteigerung und Energieeffizienz von Hopfentrocknungsanlagen

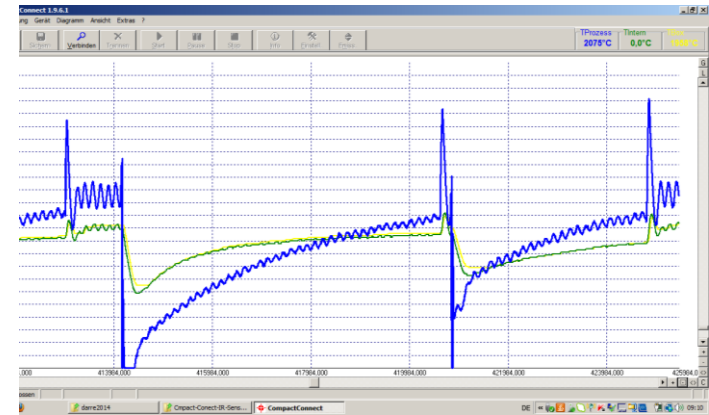
- Leistungssteigerung durch Trocknungsoptimierung
- Dimensionierung und Trocknungsleistung
- Technische Voraussetzungen für Energieeffizienz
- Ursachen für „Veränderungen der typischen Doldenfarbe und fehlenden Glanz“
- Trocknungsabschnitte von kapillarporösen, hygroskopischen Produkten
- Unterschiedliches Trocknungsverhalten der Hopfensorten
- Darrablufttemperatur ein wichtiger Messwert
- Richtiges Verhältnis von Luftgeschwindigkeit und Trocknungstemperatur
- Produkttemperatur eine neue Regelgröße?**
- Fazit

Produkttemperatur eine neue Regelgröße?

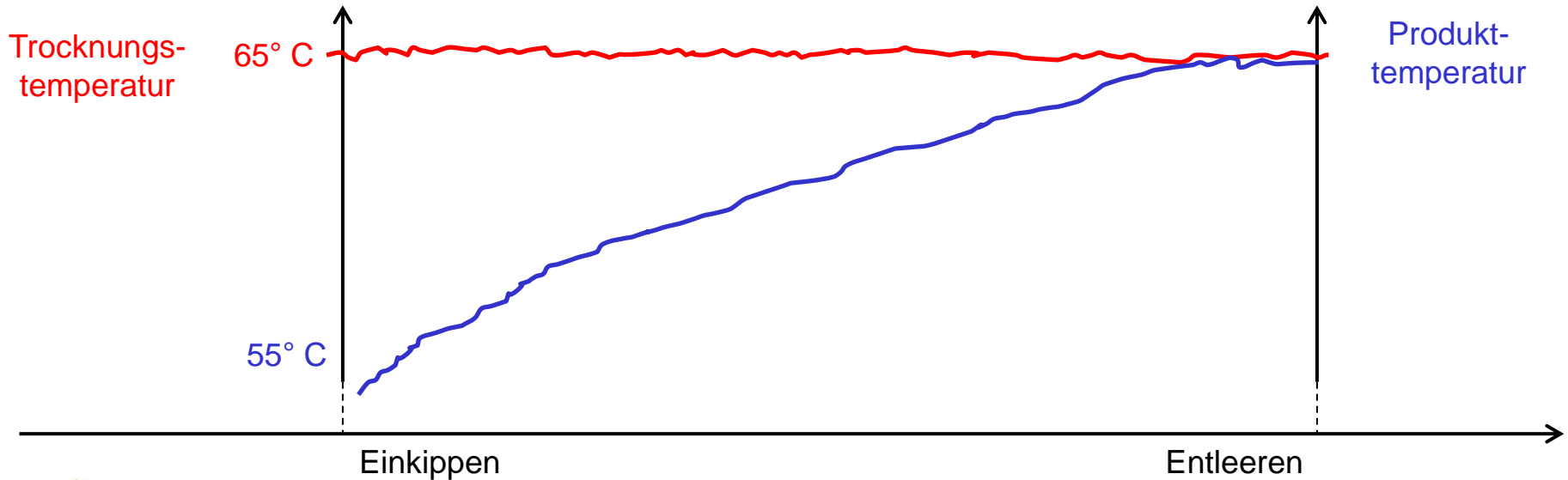
Messen der Oberflächentemperatur mit Infrarot-Thermometern



Produkttemperatur eine neue Regelgröße?

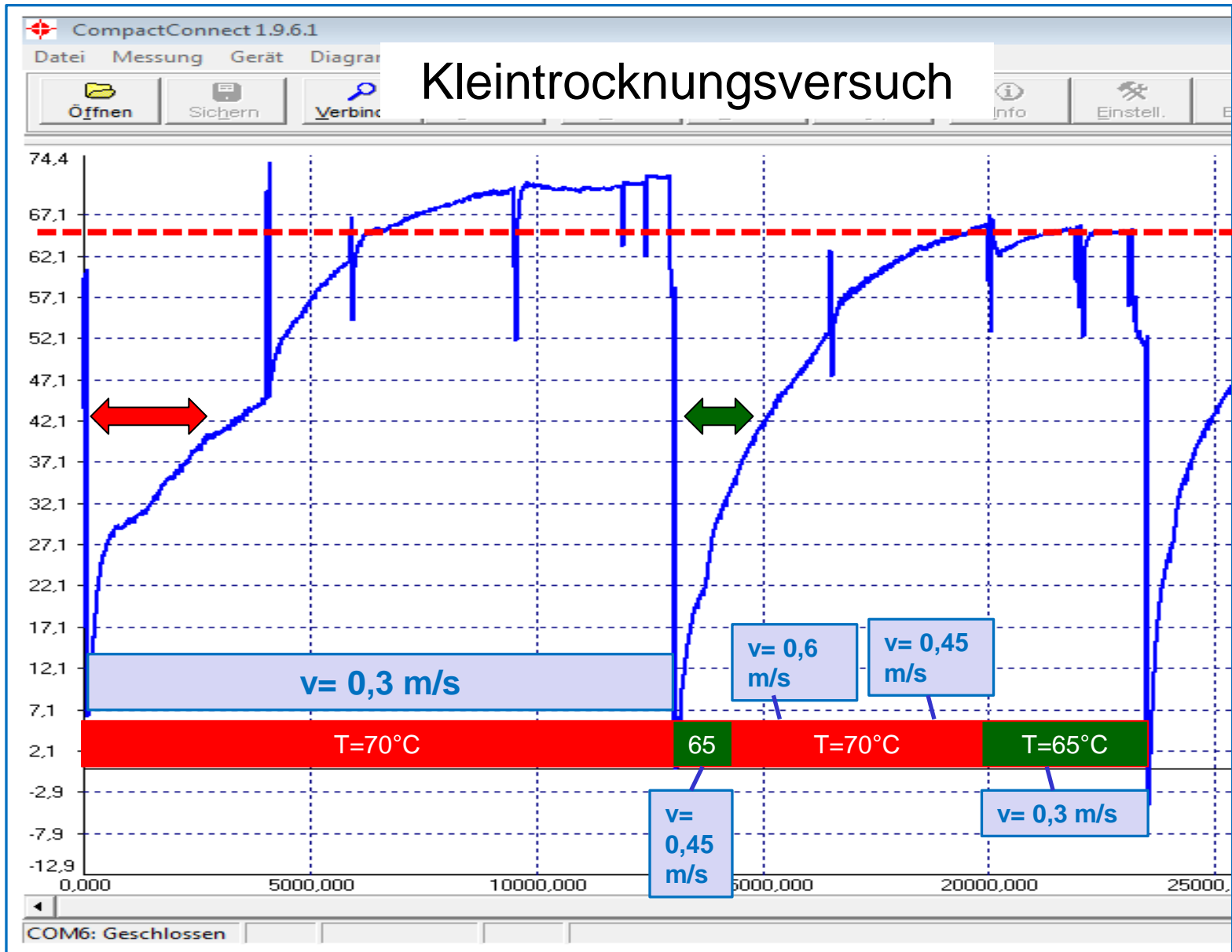


Hopfen im „Schuber“



Produkttemperatur eine neue Regelgröße?

65° C



Fazit

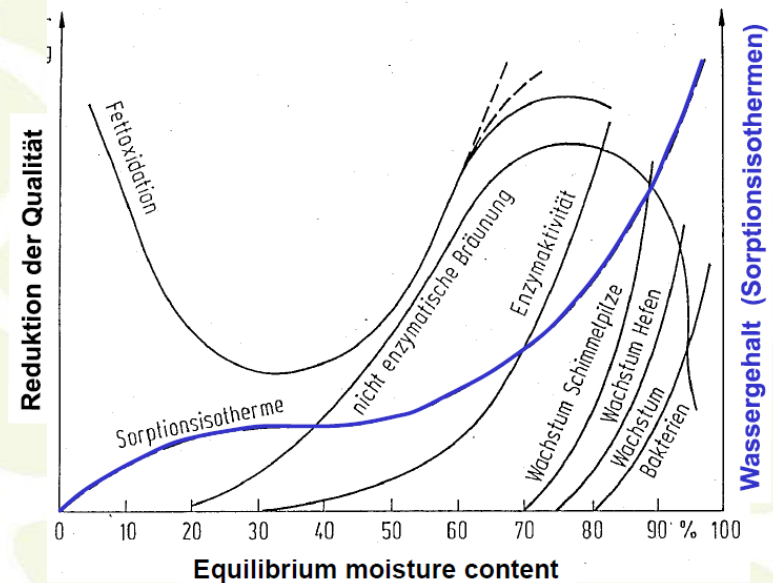
Neue Erkenntnisse zur Leistungssteigerung und Energieeffizienz von Hopfentrocknungsanlagen



Neue Erkenntnisse zur Leistungssteigerung und Energieeffizienz von Hopfentrocknungsanlagen

Qualitätstabelle für deutschen Siegelhopfen Qualitätsmerkmal	Ergebnis der Prüfung in Gewichts-% bzw. Einstufung	
1. Wassergehalt	9,7	
2. a) Blatt-/Stengelanteil	0,4	0,0
b) Hopfenabfall		0,4
3. <u>Doldenblätter</u>	13	
4. Sortenreinheit	0,0	
a) Fremdbestandteile (Erdbrocken, Steine, Draht)	0,0	
b) () Fremdsorten () Samenanteile		
5. Dolden	3	(mittlerer Befall)
a) Krankheiten und Schädlinge		
() Peronospora (X) Mehltau () Botrytis		
() Blattlaus () Spinnmilbe () Minderschädlinge		
b) Farbe		
(X) Veränderung der typischen Doldenfarbe, fehlender Glanz		
c) Geruch		
() kein sortentypisches Aroma, muffig, modrig, Fremdgeruch		
Boniturnote 1 - 5		
Saldo		
6. Bemerkungen:		

Einfluss der Feuchte



K. 1971

Dr. Barbara Sturm M.Eng.
Fachgebiet Agrartechnik

Ökologische Agrarwissenschaften U N I K A S S E L



Neue Erkenntnisse zur Leistungssteigerung und Energieeffizienz von Hopfentrocknungsanlagen

Ein leistungsstarkes
Trocknungsverhalten hat eindeutig
qualitative, energetische und
wirtschaftliche Vorteile !



	Wasseraufnahme der Darrabluft in ml/m ² und Minute
26 ° C 100 % r.F. 0,3 m/s	453
30 ° C 90 % r.F. 0,45 m/s	766 + 67 %