

## HLK-Fachwissen

**Wärmeübertragung**  
**Solarthermie**  
**Klimatechnik**  
**Strömungstechnik**  
**Regelungstechnik**  
**Regeltechnische Anwendungen**



### **Winfried Sellnau**

Elektroingenieur, Dipl.-Ing. (FH)

Freier Mitarbeiter der DGA Gebäudeautomation  
Deutschland GmbH  
für Forschung und Entwicklung

Der Autor hat in seiner langjährigen beruflichen  
Tätigkeit insbesondere folgende Tätigkeitsfelder  
bearbeitet und geleitet:

15 Jahre Planung und Betrieb von MSR-Anlagen für  
die Heizungs- und Klimatechnik;

mehr als 20 Jahre an staatlichen und privaten  
Instituten auf den Gebieten Forschung und  
Entwicklung für rationelle Energieanwendung und  
mathematische und technische Modellierung in der  
Gebäudetechnik sowie Planung,  
Forschungsbegleitung und Bewertung von  
öffentlich geförderten Pilotprojekten.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlagen der Wärmeübertragung .....</b>	<b>7</b>
1.1	Thermische Energie .....	7
1.2	Wärmestrom.....	8
1.3	Wärmeleitung .....	9
1.4	Konvektion .....	11
1.5	Wärmedurchgang .....	12
1.6	Wärmestrahlung .....	14
1.7	Wärme- und Kühlbedarf .....	16
1.7.1	Normheizlast.....	16
1.7.2	Kühllast .....	18
1.7.3	Jahres-Heizwärmebedarf.....	19
1.7.3.1	Gradtagsverfahren.....	20
1.7.3.2	Berechnungsverfahren nach EnEV .....	20
1.7.3.3	Nachweis des Primärenergiebedarfs nach der EnEV .....	21
1.7.4	Wärmeabgabe von Heizflächen.....	22
<b>2.</b>	<b>Grundlagen der Solarthermie .....</b>	<b>25</b>
2.1	Die Solarstrahlung.....	25
2.2	Der Treibhauseffekt .....	25
2.3	Thermische Solaranlagen .....	26
2.3.1	Solarkollektoren .....	28
2.3.2	Solarspeicher .....	30
<b>3</b>	<b>Grundlagen der Klimatechnik.....</b>	<b>31</b>
3.1	Einleitung .....	31
3.2	Wärmephysiologische Betrachtungen .....	31
3.2.1	Wärme- und Wasserdampfabgabe des Menschen .....	31
3.2.2	Lufttemperatur und empfundene Temperatur .....	33
3.3	Physikalische Grundlagen der feuchten Luft .....	34
3.3.1	Absolute und relative Luftfeuchte .....	34
3.3.2	Die Taupunkttemperatur .....	34
3.3.3	Der Wärmeinhalt von feuchter Luft.....	35
3.3.4	Das hx-Diagramm.....	35
3.4	Verunreinigungen der Raumluft.....	39
3.5	Wohnungslüftung .....	40
3.5.1	Aufgaben der Lüftung .....	40
3.5.2	Energetische Zusammenhänge.....	41
3.5.3	Gesetzliche und technische Regeln .....	42

---

<b>4</b>	<b>Strömungstechnische Grundlagen .....</b>	<b>47</b>
<b>4.1</b>	<b>Zustandsgrößen der Strömung .....</b>	<b>47</b>
<b>4.2</b>	<b>Druckmessung .....</b>	<b>48</b>
<b>4.3</b>	<b>Druckverluste .....</b>	<b>49</b>
4.3.1	Druckverluste durch Reibungswiderstände .....	49
4.3.2	Druckverluste durch Formwiderstände .....	50
4.3.3	Anlagenkennlinie .....	50
<b>4.4</b>	<b>Ventilatoren .....</b>	<b>51</b>
4.4.1	Der Betriebspunkt des Ventilators .....	51
4.4.2	Regelung der Luftleistung von Ventilatoren .....	52
<b>5</b>	<b>Grundlagen der Regelungstechnik .....</b>	<b>53</b>
<b>5.1</b>	<b>Begriffsbestimmungen .....</b>	<b>53</b>
5.1.1	Steuern .....	53
5.1.2	Regeln .....	54
<b>5.2</b>	<b>Der Regelkreis .....</b>	<b>56</b>
<b>5.3</b>	<b>Die Regelstrecke .....</b>	<b>57</b>
<b>5.4</b>	<b>Der Regler .....</b>	<b>58</b>
5.4.1	Unstetige Regler .....	59
5.4.1.1	Zweipunkt-Regler .....	59
5.4.1.2	Dreipunkt-Regler .....	60
5.4.2	Stetige Regler .....	61
5.4.2.1	P-Regler .....	61
5.4.2.2	PI-Regler .....	62
5.4.2.3	PD-Regler .....	63
5.4.2.4	PID-Regler .....	64
5.4.2.5	Dreipunkt-Schrittregler .....	64
5.4.2.6	Pulsweitenmodulation .....	64
<b>5.5</b>	<b>Anpassen der Regler an die Regelstrecke .....</b>	<b>66</b>
5.5.1	Auswahl von Reglern .....	67
5.5.2	Einstellregeln für Regler .....	68
5.5.2.1	Einstellregel nach Ziegler und Nichols .....	68
5.5.2.2	Einstellregel nach Chien, Hrones und Reswick (CHR) .....	69
5.5.2.3	Die T-Summen-Einstellregel .....	70
<b>5.6</b>	<b>Stellglieder .....</b>	<b>71</b>
5.6.1	Regelventile .....	71
5.6.2	Bemessung von Stellventilen .....	73
5.6.3	Grundsaltungen mit Stellventilen .....	75
<b>5.7</b>	<b>Die hydraulische Weiche .....</b>	<b>77</b>

<b>6</b>	<b>Regeltechnische Anwendungen.....</b>	<b>79</b>
<b>6.1</b>	<b>Der Enthalpie- und Temperaturregler .....</b>	<b>79</b>
6.1.1	Funktionsbeschreibung des Enthalpiereglers HVAC-Premium .....	80
6.1.2	Funktionsbeschreibung des Temperaturreglers HVAC-Premium .....	83
<b>6.2</b>	<b>Bedarfsgerechte und witterungsgeführte Heizungsregelung.....</b>	<b>84</b>
6.2.1	Heizungssysteme .....	84
6.2.2	Systemaufbau von Heizungsanlagen .....	85
6.2.2.1	Wärmeerzeuger .....	85
6.2.2.2	Systemgestaltung und Regelstrategie.....	85
6.2.3	Zentrale witterungsgeführte Regelung der Vorlauftemperatur.....	88
6.2.4	Einzelraumregelung.....	91
<b>6.3</b>	<b>Bedarfsgerechte und taupunktgeführte Lüftungsregelung.....</b>	<b>93</b>
6.3.1	Hygienische und bauphysikalische Anforderungen .....	93
6.3.2	Strategie der Lüftungssteuerung .....	96
6.3.2.1	Geregelte Grundlüftung .....	97
6.3.2.2	Intensivlüftung .....	99
6.3.2.3	Ansteuerung der Stellglieder .....	99
<b>6.4</b>	<b>Regelung von Kühldecken.....</b>	<b>101</b>
6.4.1	Aktive Taupunkt- und Lüftungsüberwachung .....	101
<b>6.5</b>	<b>Steuerung von thermischen Solaranlagen.....</b>	<b>103</b>
6.5.1	Temperaturdifferenzregelung .....	104
6.5.2	Nachheizung.....	106
6.5.3	Warmwasser-Zirkulation .....	106
6.5.4	Thermische Desinfektion .....	106
6.5.5	Kollektorkühlung und Speicherrückkühlung.....	107
6.5.6	Temperaturschutz .....	107
6.5.7	Frostschutz .....	107
6.5.8	Pumpenblockierschutz.....	107
6.5.9	Ertragsmessung.....	108
6.5.10	Plausibilitätsprüfungen.....	108
<b>7</b>	<b>Definitionen und Einheiten .....</b>	<b>109</b>
<b>7.1</b>	<b>Masse und Kraft .....</b>	<b>109</b>
<b>7.2</b>	<b>Druck.....</b>	<b>109</b>
<b>7.3</b>	<b>Arbeit und Energie.....</b>	<b>110</b>
<b>7.4</b>	<b>Leistung.....</b>	<b>111</b>

---

<b>8</b>	<b>Konstanten und Stoffkenngrößen.....</b>	<b>113</b>
8.1	Eigenschaften von Luft .....	113
8.2	Eigenschaften von Wasser .....	113
8.3	Wärmestrahlung .....	113
8.4	Spezifische Wärmeleitwerte $\lambda$ .....	113
8.5	Wärmeübergangswiderstände für Bauteile $R_s$ .....	114
<b>9</b>	<b>Anlagen:.....</b>	<b>115</b>
	hx-Diagramm für feuchte Luft .....	117
	Anwendungsbeispiele hx-Diagramm.....	118

**Bestellung:**

**Broschüre „HLK-Fachwissen“**

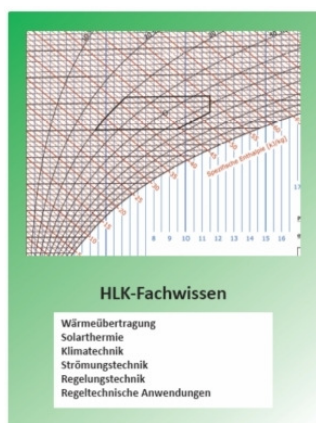
per Fax:  
per eMail:

+49 30 2084 837 69  
sales@dga-automation.eu

*Die rechte Spalte können Sie am PC ausfüllen.*

Kunden-Nr. (wenn vorhanden):	
Firma:	
Straße:	
PLZ / Ort:	
Land:	
Tel. / Fax:	
eMail-Adresse:	
Name des Bestellers:	
Abweichende Lieferanschrift:	

Die Broschüre vermittelt Grundlagenwissen der Heizung-Lüftung-Klimatechnik und enthält ausführliche Informationen zu den regeltechnischen Anwendungen der KNX Enthalpie- und Temperaturregler.



Hiermit bestelle ich die Broschüre „HLK-Fachwissen“,  
Ausgabe Rev. 0  
122 Seiten

Autor: Winfried Sellnau  
Elektroingenieur, Dipl.-Ing. (FH)

☐ Art.-Nr.: W98 010 00  
Preis: 44,90 EUR, zzgl. MwSt. + Versandkosten

Datum: \_\_\_\_\_

Unterschrift: \_\_\_\_\_

Nach Bestelleingang erhalten Sie eine Auftragsbestätigung, incl. voraussichtlicher Lieferzeit.