

Neubau und Sanierung von Schulen im PH-Standard



Dipl.-Ing. Andreas Nordhoff
IBN Institut für Bauen und Nachhaltigkeit



www.ibn-passivhaus.de

vhw

PH-Standard

PHPP

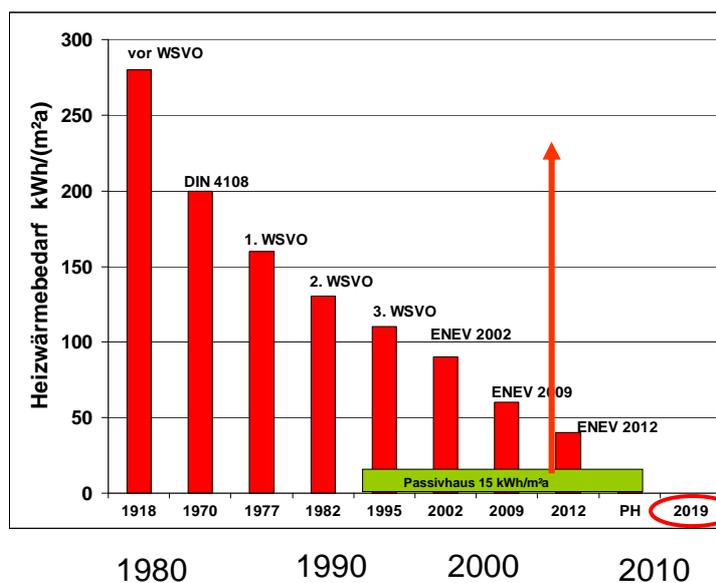
Planungsteam

Lüftung

KG als Wärmesee

Monitoring

Energiestandards 1918 bis 2018



www.ibn-passivhaus.de

vhw

PH-Standard
PHPP
Planungsteam
Lüftung
KG als Wärmesee
Monitoring

Planungsgrundlagen

The diagram shows a stylized human figure inside a house. A yellow line labeled 'Lüftung mit WRG' (Mechanical Ventilation with Heat Recovery) enters from the top right. A dashed blue line labeled 'Luftdichtigkeit' (Air Tightness) follows the contours of the house and the figure. Yellow blocks labeled 'Wärmebrückenfrei' (Free of Thermal Bridges) are placed at the corners of the house. A green area labeled 'Wärmedämmung' (Thermal Insulation) is shown on the right side of the house.

www.ibn-passivhaus.de

vhw

PH-Standard
PHPP
Planungsteam
Lüftung
KG als Wärmesee
Monitoring

Planungsgrundlagen

PHI-Kriterien:

Jahresheizwärmebedarf	$\leq 15 \text{ kWh} / (\text{m}^2\text{a})$
Jahres KÜHL bedarf	$\leq 15 \text{ kWh} / (\text{m}^2\text{a})$
Max. zul. Heizlast	$< 10 \text{ W} / (\text{m}^2\text{a})$
opake Außenbauteile	$U\text{-Werte} \leq 0,15 \text{ W} / (\text{m}^2 \text{K})$
Fenster	$U_w\text{-Werte} \leq 0,80 \text{ W} / (\text{m}^2 \text{K})$
Luftdichtigkeit	$n_{50} \leq 0,60 \text{ l} / \text{h}$
Wärmebereitstellungsgrad	$\eta_{\text{WRG,t,eff}} \geq 75 \%$
Max. zul. Druckverlust der Lüftung	350 Pa
Max. zul. spez. Antriebsleistung	$0,40 \text{ Wh} / \text{m}^3$
Max. jährl. Primärenergieverbrauch	$120 \text{ kWh} / \text{m}^2$
Max. zul. Lüftungsdisbalance	10 %
Wärmebrückenfreie Ausführung	$\text{Psi} < 0,01 \text{ W} / (\text{m} \text{K})$
Max. Übertemperaturhäufigkeit	$< 10 \%$ der Nutzungszeit

www.ibn-passivhaus.de

vhw

PH-Standard

PHPP

Planungsteam

Lüftung

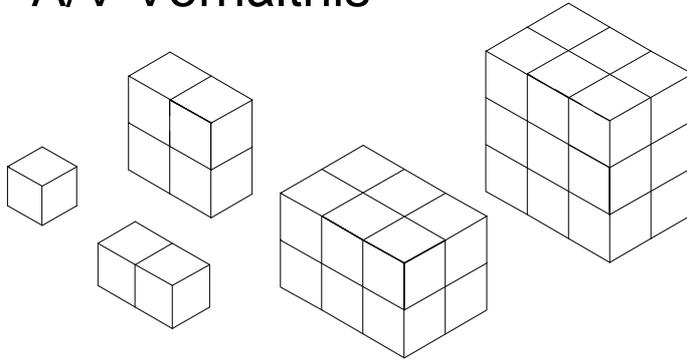
KG als Wärmesee

Monitoring



www.ibn-passivhaus.de

A/V Verhältnis



Gebäudeart	A Oberfläche m ²	Volumen m ³	A / V [-]	A / V [%]
1WE / EFH	600	1000	0,60	100
2 WE / ZFH	1000	2000	0,50	83
4 WE / MFH	1600	4000	0,40	67
12 WE / MFH	3200	12000	0,27	45
18 WE / BÜRO	4200	18000	0,23	38

vhw

PH-Standard

PHPP

Planungsteam

Lüftung

KG als Wärmesee

Monitoring



www.ibn-passivhaus.de

Gebäudehülle

- 20 % Außenwand
- 20 % Fenster
- 30 % Dach
- 30 % Bodenplatte

vhw

PH-Standard

PHPP

Planungsteam

Lüftung

KG als Wärmesee

Monitoring

Sanierung für 2500 Schüler



www.ibn-passivhaus.de

vhw

PH-Standard

PHPP

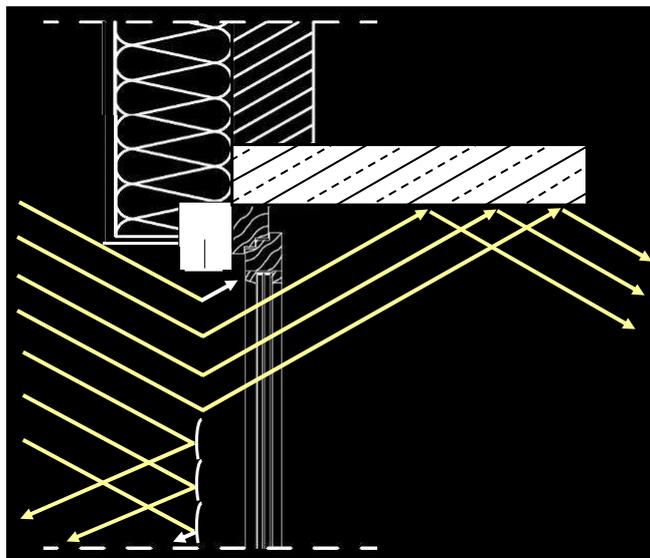
Planungsteam

Lüftung

KG als Wärmesee

Monitoring

Tageslichtlenkung



www.ibn-passivhaus.de

vhw

PH-Standard

PHPP

Planungsteam

Lüftung

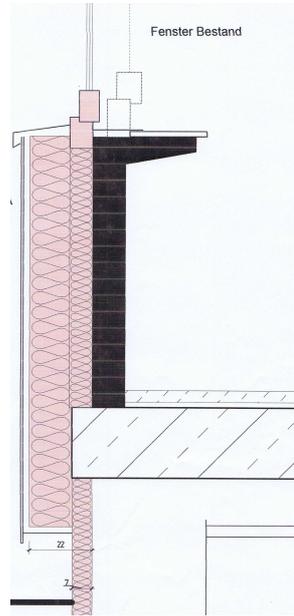
KG als Wärmesee

Monitoring



www.ibn-passivhaus.de

Sanierungslösung Wandaufbau



vhw

PH-Standard

PHPP

Planungsteam

Lüftung

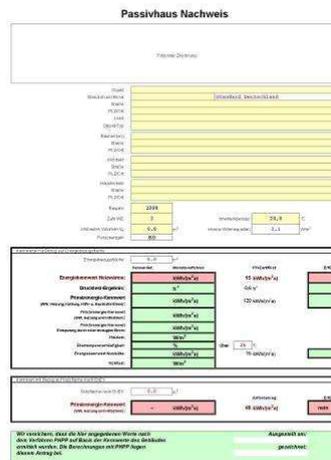
KG als Wärmesee

Monitoring



www.ibn-passivhaus.de

PHPP redundant?



www.passivhausplaner.eu

vhw

PH-Standard

PHPP

Planungsteam

Lüftung

KG als Wärmesee

Monitoring



www.ibn-passivhaus.de

Schüler = Heizkörper

$$30 \text{ Schüler} \times 100 \text{ W/Schüler} = 3000 \text{ W}$$

$$60 \text{ m}^2 \times 10 \text{ W/m}^2 = 600 \text{ W}$$

Fazit: Die Schüler heizen ausreichend!

Merke: Beim Gongton verlassen die „Heizkörper das Klassenzimmer“

vhw

PH-Standard

PHPP

Planungsteam

Lüftung

KG als Wärmesee

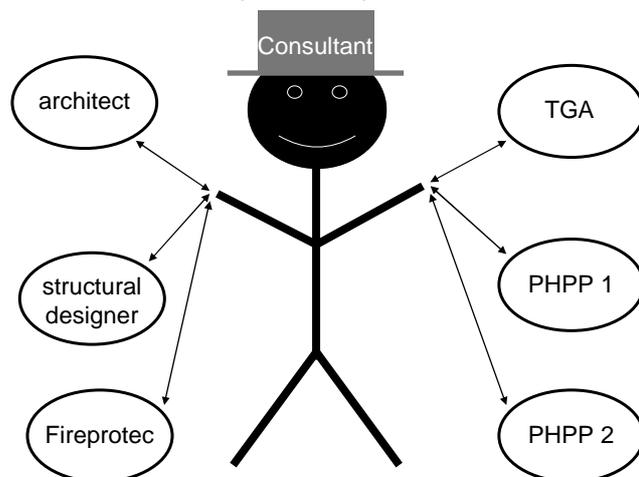
Monitoring



www.ibn-passivhaus.de

Planungsteam

www.passivhausplaner.eu



vhw	<h1>Normen</h1>	
PH-Standard	DIN 1946	RLT-Anlagen
PHPP	VDI 6022	Hygienische Anforderungen
Planungsteam	DIN 18379	VOB, Teil C: Raumlufotechnische Anlagen
Lüftung	VDI 2081	Geräuscherzeugung und Lärminderung
KG als Wärmesee	DIN 4109	Schallschutz im Hochbau
Monitoring	VDI 4100	Schallschutz von Wohnungen
	DIN 24163	Ventilatoren; Leistungsmessung, Normkennlinien
	VDI 2076	Leistungsnachweis für Wärmetauscher...
	DIN EN 779	Partikel-Luftfilter für die allgem. Raumlufotechnik..
	DIN 24145	Raumlufotechnik-Luftleitungen-Wickelfalzrohre
	DIN 24147-1	Raumlufotechnik-Formstücke f. runde Luftleitungen...
		
www.ibn-passivhaus.de		

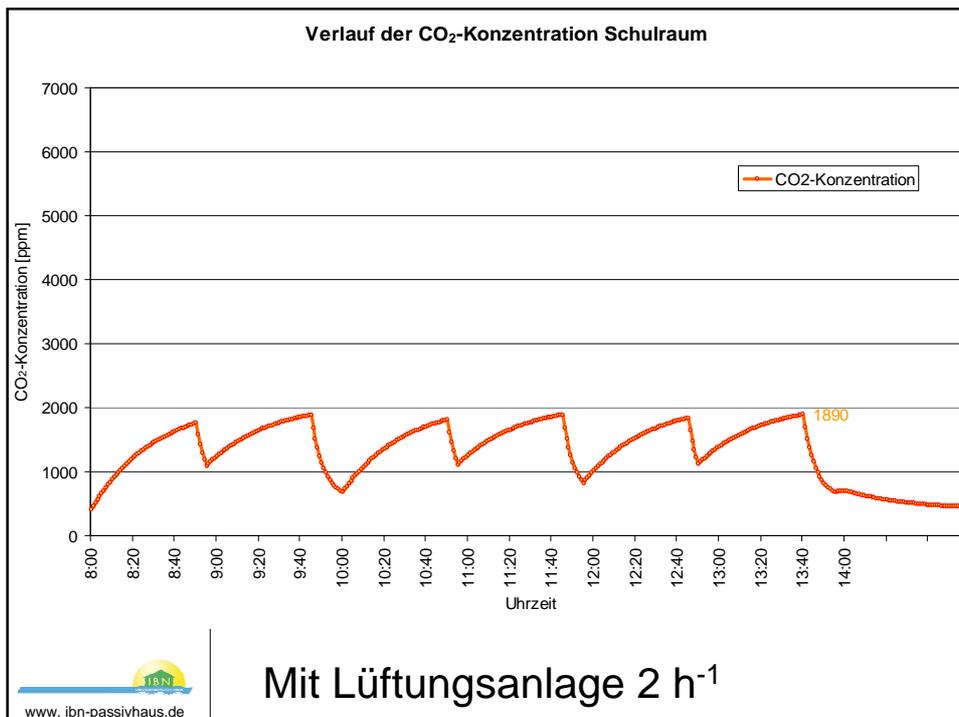
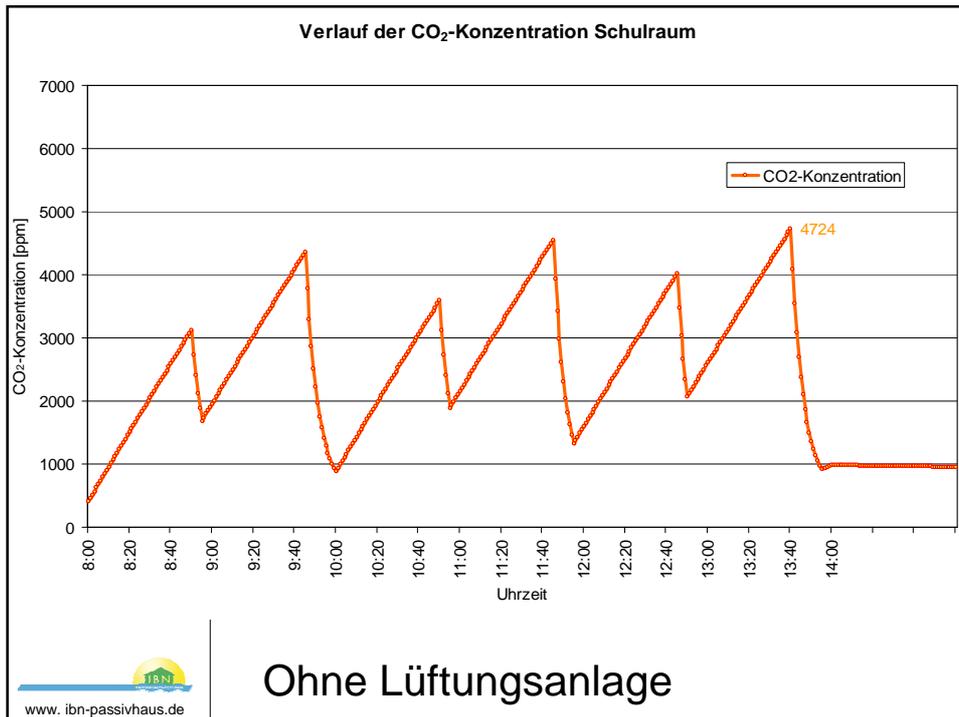
vhw	<h1>Normen</h1>	
PH-Standard	LÜRA	Brandschutztechn. Anforderungen an Lüftungsanl.
PHPP	ASR 5	Arbeitsstättenrichtlinie Lüftung
Planungsteam	VDI 2071	WRG in RLT-Anlagen
Lüftung	DIN EN 12599	Einregulierung von Lüftungsströmen
KG als Wärmesee	DIN EN 673	Glas im Bauwesen (Bestimmung U-Wert)
Monitoring	DIN EN ISO 10211	Wärmebrücken im Hochbau
	DIN EN 12207	Fenster und Türen (Luftdurchlässigkeitsklassen)
	DIN EN 12831	Heizungsanlagen in Gebäuden (Norm-Heizlast)
	DIN EN 13829	Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden (Luftdurchlässigkeit)
	DIN EN ISO 6946	Bauteile (Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient)
	DIN EN ISO 12570	Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Baustoffen
	DIN EN ISO 13370	Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden (Wärmeübertragung über das Erdreich)
		
www.ibn-passivhaus.de		

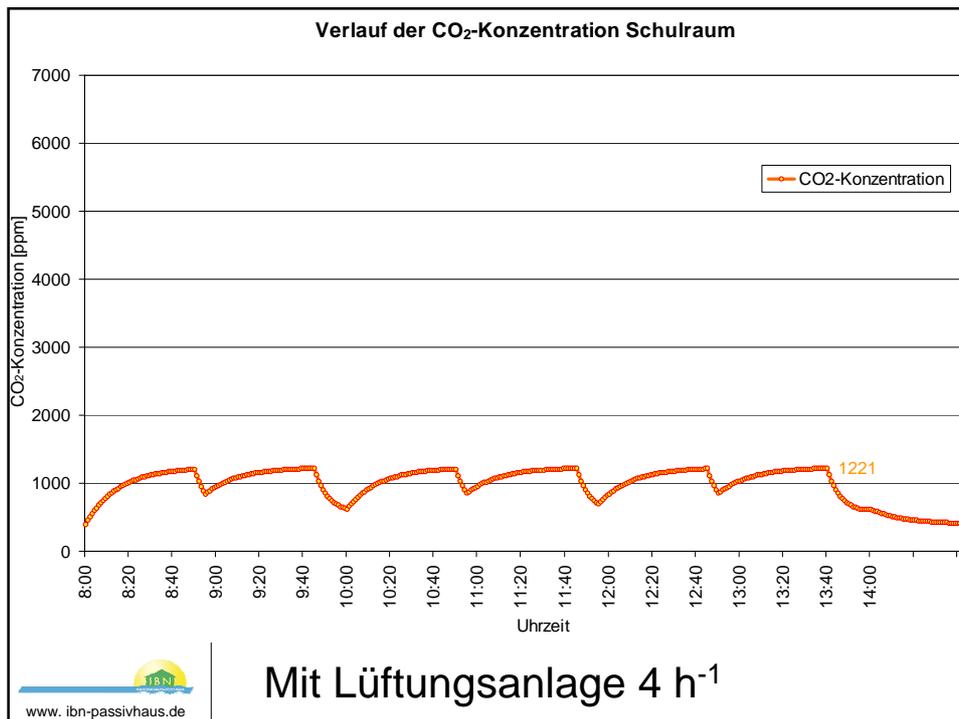
vhw	NEUE Normen
PH-Standard	DIN EN 13779 Lüftung von Nichtwohngebäuden
PHPP	DIN 18017-3 Lüftung v. Bädern u. Toilettenräumen ohne AF
Planungsteam	VDI 6038 "Beurteilung der Raumlufqualität" (Entwurf 05/2010)
Lüftung	VDI 6040 "Raumluftechnik für Schulen. Teil 1: Anforderungen" (05/2010)
KG als Wärmesee	
Monitoring	
	
www.ibn-passivhaus.de	

vhw	Problem: CO₂
PH-Standard	Pettenkoferzahl: 1.000 ppm
PHPP	hygienischer Grenzwert: 1.500 ppm
Planungsteam	
Lüftung	Im Klassenzimmer:
KG als Wärmesee	Fenster ZU 2.000 - 5.000 ppm
Monitoring	Fenster AUF < 1.500 ppm
	mit Lüftungsanlage < 1.500 ppm
	Außenluft: 350 - 400 ppm
	Ausgeatmet: 40.000 ppm
	
www.ibn-passivhaus.de	

vhw PH-Standard PHPP Planungsteam Lüftung KG als Wärmesee Monitoring  www.ibn-passivhaus.de	Problem: CO₂			
	Fläche des Klassenraumes	[m ²]	60	
	Höhe des Klassenraumes	[m]	3	
	Fenstertype/ Grundlüftung	a-g	a	
	CO₂-Konzentration Außenluft	[ppm]	400	
	CO₂-Konzentration Unterrichtsbeginn	[ppm]	400	
	Veränderbare Parameter		Einheit	Wert
	Schulstunden Beginn (Pausen dunkel)	[h:min]	08:00	
	Schulstunden Ende (Pausen dunkel)	[h:min]	08:05	
	Betrachtungseinheit Anfang	[h:min]	00:00	
	Betrachtungseinheit Ende	[h:min]	00:05	
	Anzahl der Schüler	[1]	30	
	Alter der Schüler	[a]	15	
	Aktivitätsgrad Schüler	[met]	1,2	
	Anzahl der Lehrer	[1]	1	
	Aktivitätsgrad Lehrer	[met]	1,4	
	Lüftungszustand	u-z	u	
Resultierender Luftwechsel im Raum	[h ⁻¹]	0,05		

vhw PH-Standard PHPP Planungsteam Lüftung KG als Wärmesee Monitoring  www.ibn-passivhaus.de	Problem: CO₂		
	Fenstertype/ Grundlüftung	LW	Kürzel
	Sehr dichte Fenster, neue Fenster	0,05	a
	Eher dichte Fenster	0,10	b
	Durchschnittlich dichte Fenster	0,20	c
	Eher undichte Fenster	0,35	d
	Sehr undichte Fenster	0,50	e
	Kontrollierte mechanische Raumbelüftung	1,0	f
	Kontr. mechanische Raumbelüftung hohe Leistungsstufe	2,0	g
	Lüftungszustand	LW	Kürzel
	geschlossene Fenster	a-g	u
	1 von 3 Fenstern gekippt	1	v
	alle Fenster gekippt	3	w
	alle Fenster gekippt - querlüften	5	x
	Alle Fenster voll geöffnet	10	y
	Alle Fenster voll geöffnet - querlüften	20	z
	Aktivitätsgrad		Wert
	Schlafend/ Ruhend		1
	Sitzende Aktivität		1,2
	Sitzend, fallweise stehend		1,4
Stehende Aktivität mit leichter Bewegung		1,6	
Stehende Aktivität mit stärkerer Bewegung		2	





<p>vhw</p> <p>PH-Standard</p> <p>PHPP</p> <p>Planungsteam</p> <p>Lüftung</p> <p>KG als Wärmesee</p> <p>Monitoring</p> <p>www. ibn-passivhaus.de</p>	<h2 style="text-align: center;">Lüftungskonzepte</h2> <ul style="list-style-type: none"> <p>• zentral</p> <p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • einfache Wartung • bei Rotor Feuchterückgewinn <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Brandschutz • großes Kanalsystem • Schallschutz <p>• dezentral</p> <p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • PHI-zertifizierte Geräte <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kostenintensiv <p>• lokal</p> <p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kein Kanalsystem • gute Volumenstromregelung <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ggf. Vandalismus • Ggf. Wartung • kein PHI - Zertifikat <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div>
--	--

vhw

PH-Standard

PHPP

Planungsteam

Lüftung

KG als Wärmesee

Monitoring



www.ibn-passivhaus.de

Lüftungskonzept Sanierung



Funktionsschema

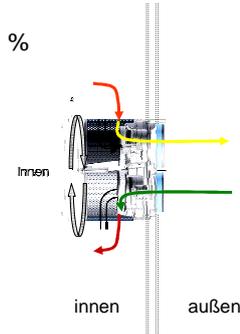
Volumenstrom: 80 – 200 m³/h

elektrische Leistung: 4 – 31 W

Wärmebereitstellungsgrad $\eta_{WRG,t,eff} \geq 88 \%$

Rückfeuchtezahl: 80 %

Schalldämmmaß R_w : 21 dB



Dezentrales Lüftungssystem

vhw

PH-Standard

PHPP

Planungsteam

Lüftung

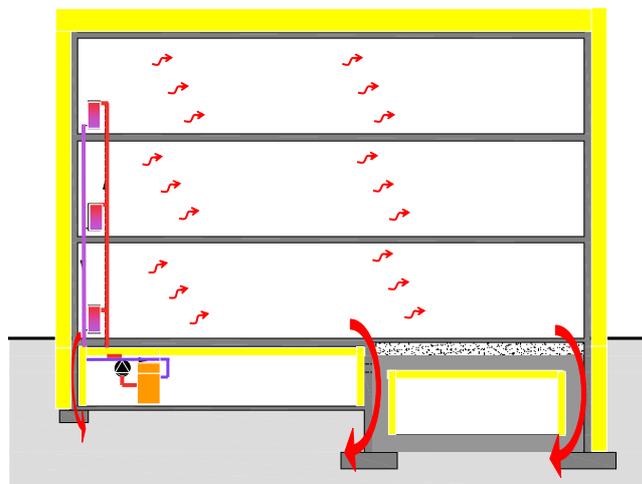
KG als Wärmesee

Monitoring



www.ibn-passivhaus.de

Konventionelle Planung



vhw

PH-Standard

PHPP

Planungsteam

Lüftung

KG als Wärmesee

Monitoring



www.ibn-passivhaus.de

vhw

PH-Standard

PHPP

Planungsteam

Lüftung

KG als Wärmesee

Monitoring



www.ibn-passivhaus.de

vhw

PH-Standard

PHPP

Planungsteam

Lüftung

KG als Wärmesee

Monitoring



vhw

PH-Standard

PHPP

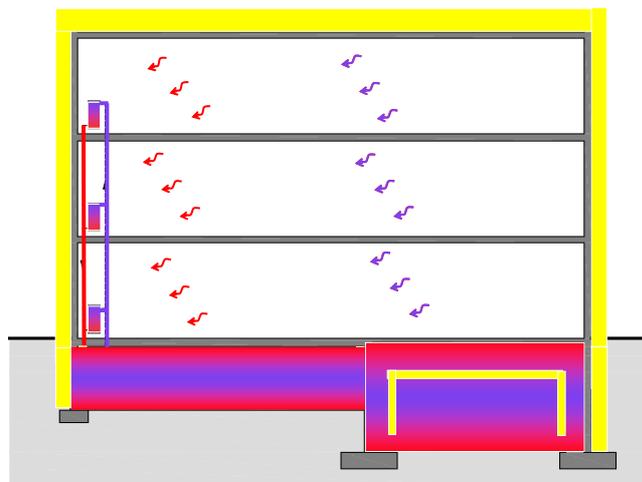
Planungsteam

Lüftung

KG als Wärmesee

Monitoring

innovatives Konzept - Sommer



vhw

PH-Standard

PHP

Planungsteam

Lüftung

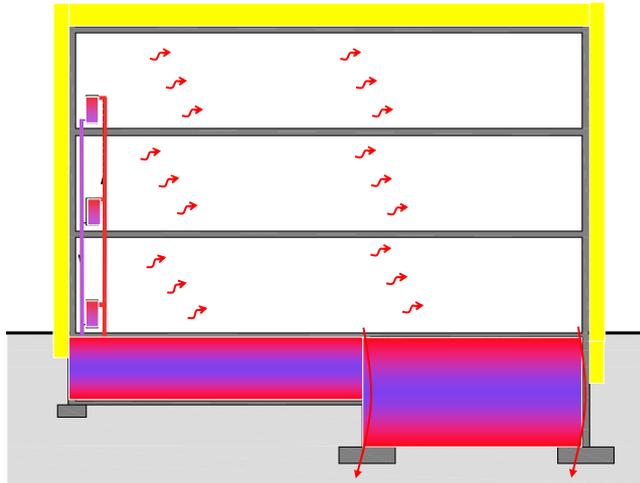
KG als Wärmesee

Monitoring



www.ibn-passivhaus.de

innovatives Konzept - Winter



vhw

PH-Standard

PHP

Planungsteam

Lüftung

KG als Wärmesee

Monitoring



www.ibn-passivhaus.de

Monitor-ing BDT



vhw

PH-Standard

PHPP

Planungsteam

Lüftung

KG als Wärmesee

Monitoring



www.ibn-passivhaus.de

Vorsicht Sanierung!



vhw

PH-Standard

PHPP

Planungsteam

Lüftung

KG als Wärmesee

Monitoring



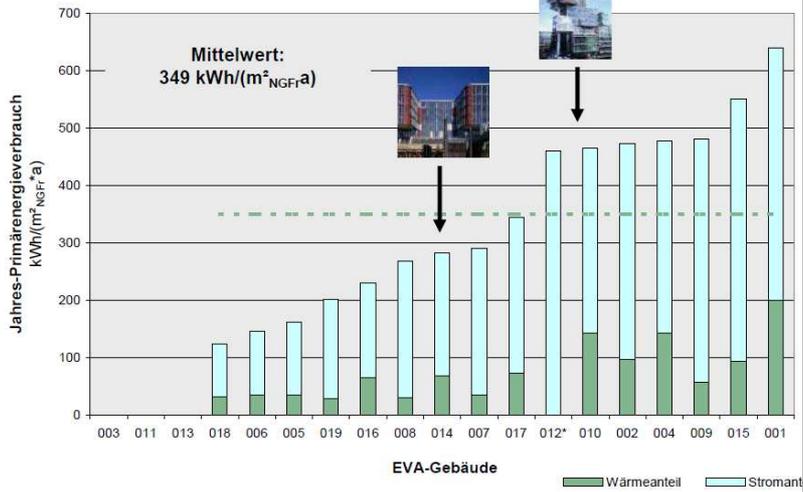
www.ibn-passivhaus.de

Vorsicht Sanierung!





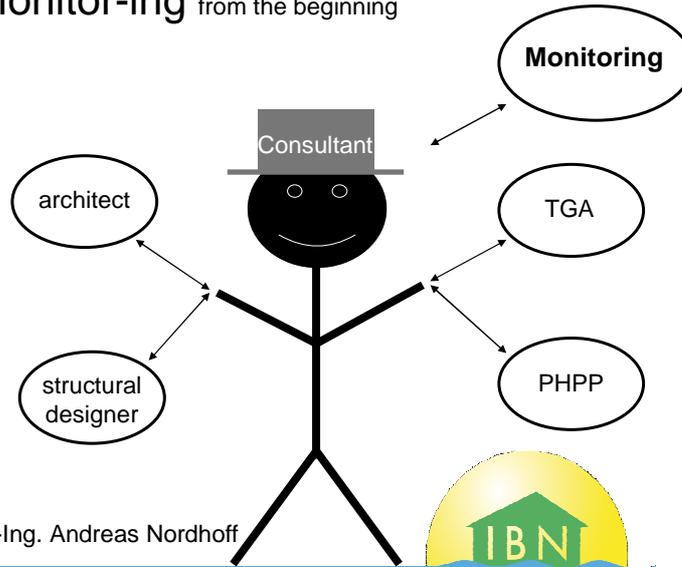
Monitor-ing



Quelle: N. Fisch

- PH-Standard
- PHPP
- Planungsteam
- Lüftung
- KG als Wärmesee
- Monitoring

Monitor-ing from the beginning



Dipl.-Ing. Andreas Nordhoff



Institut für Bauen und Nachhaltigkeit www.ibn-passivhaus.de