



Pufferspeicher im Gartenbau

KTBL-Arbeitskreis

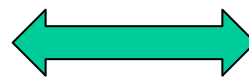
„Berater und Wissenschaftler für Technik im Gartenbau“

am 20. September 2011 in Bad Laer



Was kann durch einen Pufferspeicher erreicht werden?

(Primär: Einsparung an Wärmekosten)



Investitionskosten

Inhalt

- 1. Vorteile eines Pufferspeichers**
- 2. Dimensionierung des Pufferspeichers**
 - **Wie arbeitet der Pufferspeicher?
Bei welchen Betriebszuständen ist er besonders effektiv?**
 - **Welche Einsparungen an Wärmekosten sind erreichbar?**
 - **Welche Rolle spielen die Wärmeverluste?
Reduzierung der Wärmeverluste durch optimierte Speicherladung?**
- 3. Hydraulische Einbindung und Speichermanagement**
- 4. Investitionskosten für den Pufferspeichereinsatz**
- 5. Gegenüberstellung von Einsparungen und Kosten**

Vorteile eines Pufferspeichers

Besserer Betrieb von Feststoff-Feuerungsanlagen

- Intervallbetrieb (längere Laufzeiten und Pausen)
- Verbessertes Emissionsverhalten
- Höherer Wirkungsgrad

Bessere Grundlastausnutzung

Einsparung von Wärmekosten

Zusätzliche Wärmeleistung

- Schnelle Bereitstellung
- Unterstützung von nicht ausreichender Spitzenlast (100 m³ bei $\Delta t = 20 \text{ K}$ \Leftrightarrow 2.373 kWh nutzbare Wärmeleistung)

Dimensionierung des Pufferspeichers

Großer Pufferspeicher?



200 m³



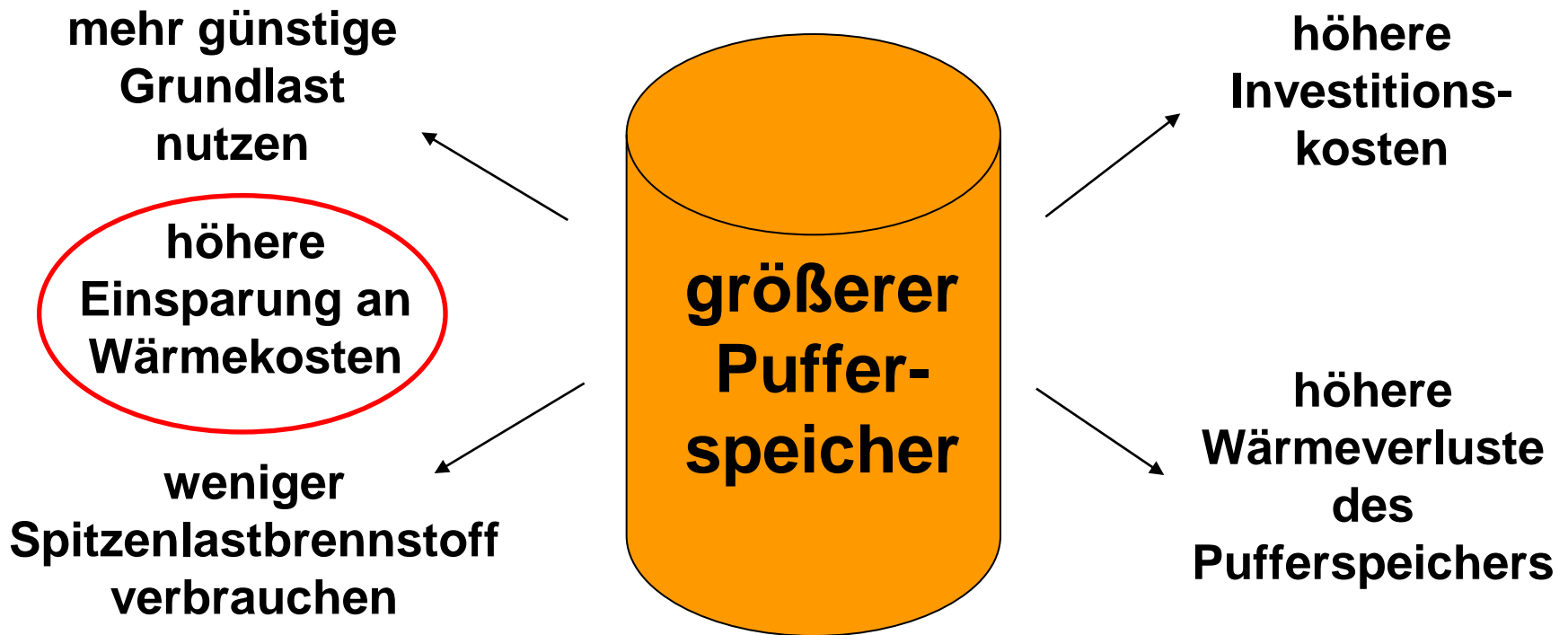
**Oder reicht auch ein
kleinerer Pufferspeicher?**



40 m³

Dimensionierung des Pufferspeichers

Einflussfaktoren





HortiWE 1.3



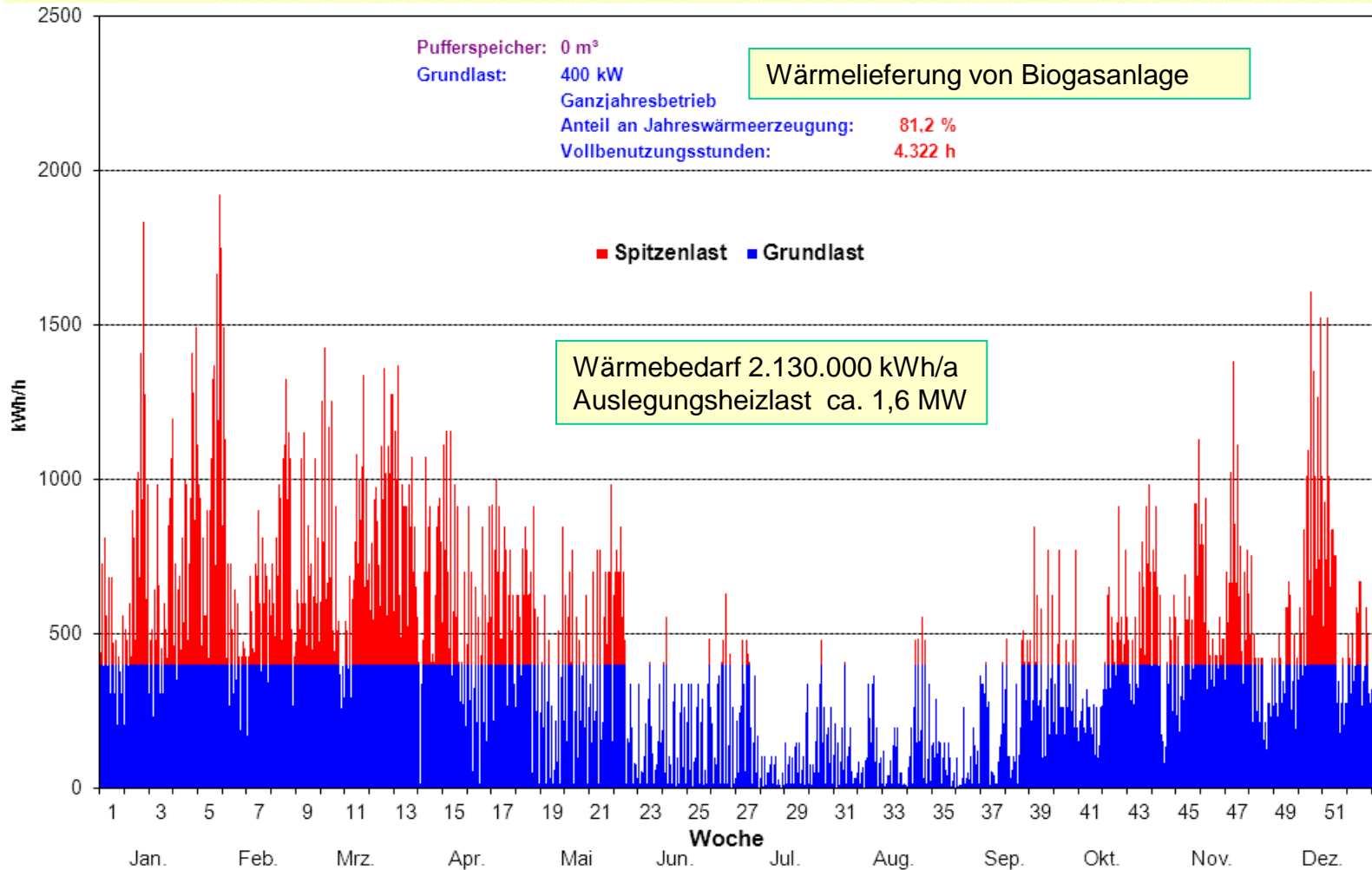
Thomas Daniel
Technikberatung

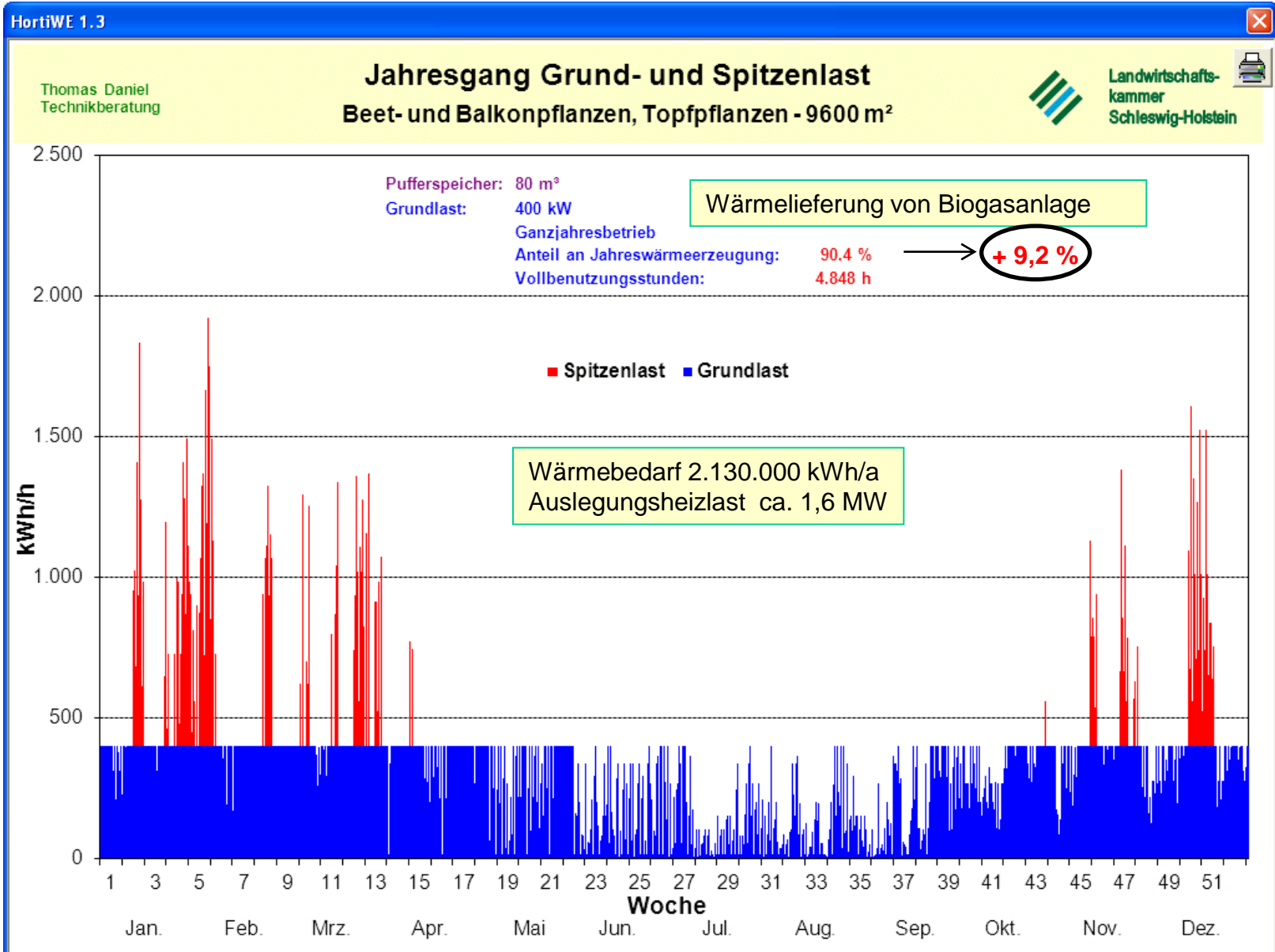
Jahresgang Grund- und Spitzenlast

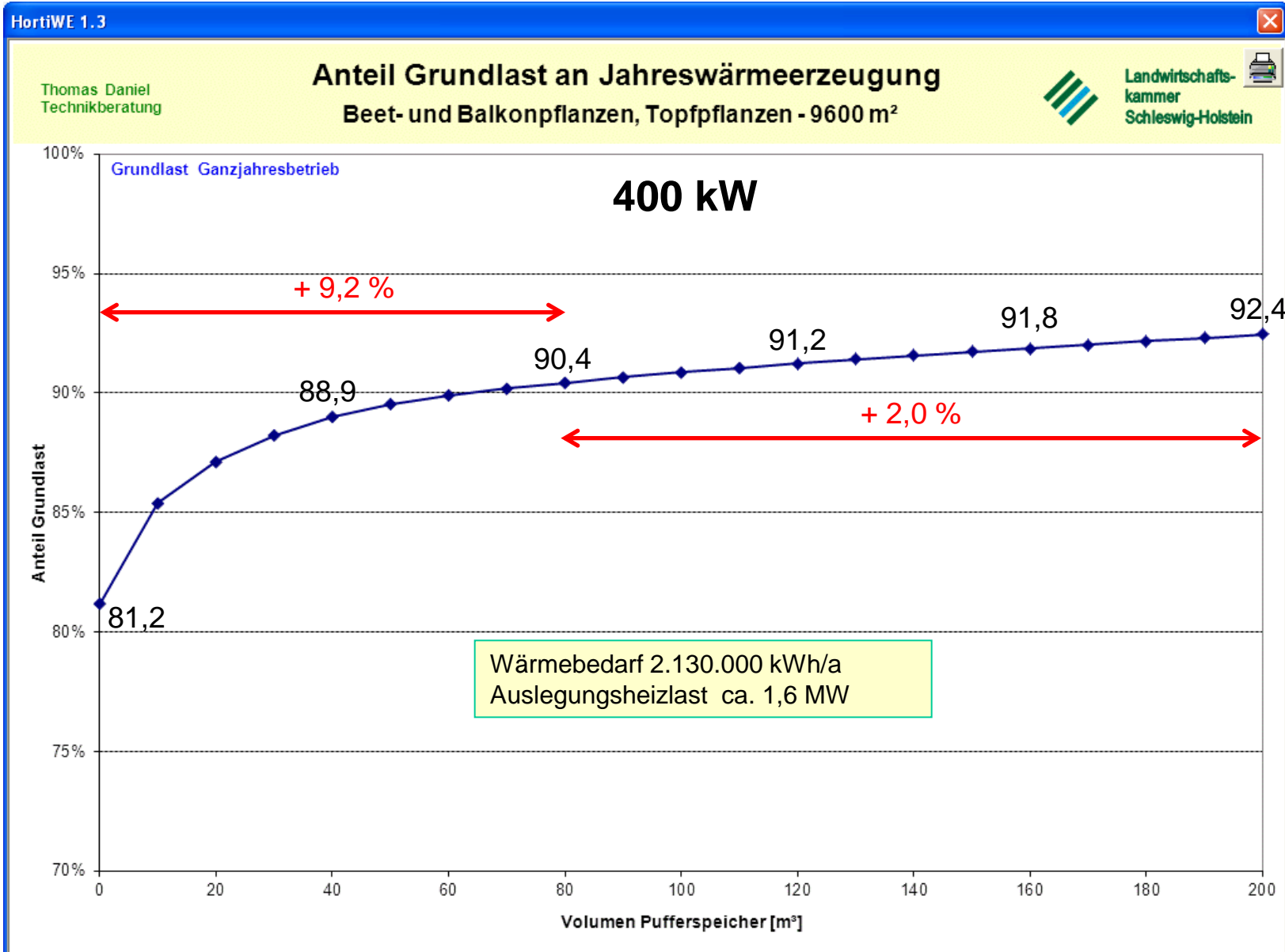
Beet- und Balkonpflanzen, Topfpflanzen - 9600 m²



Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein









HortiWE 1.3

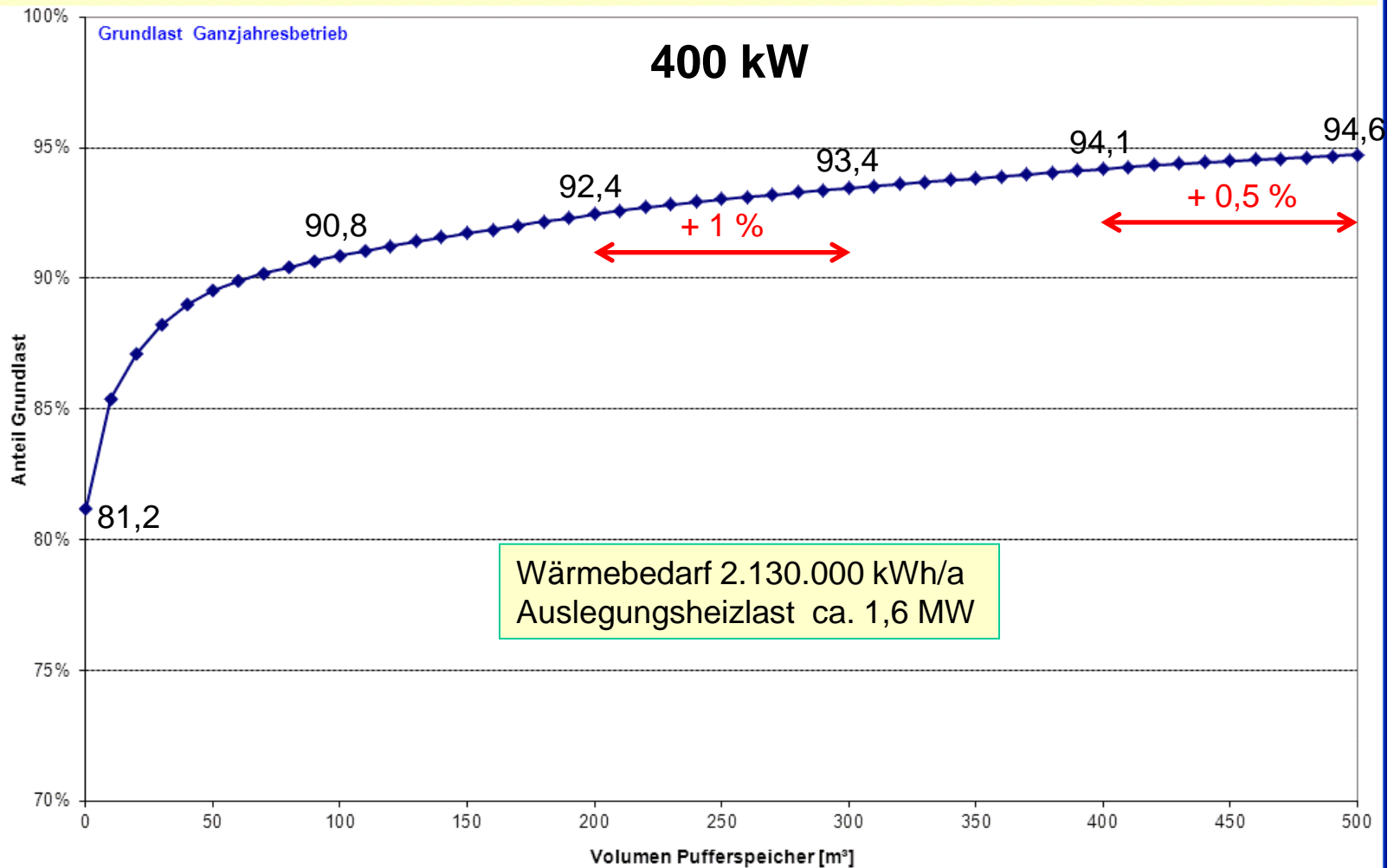


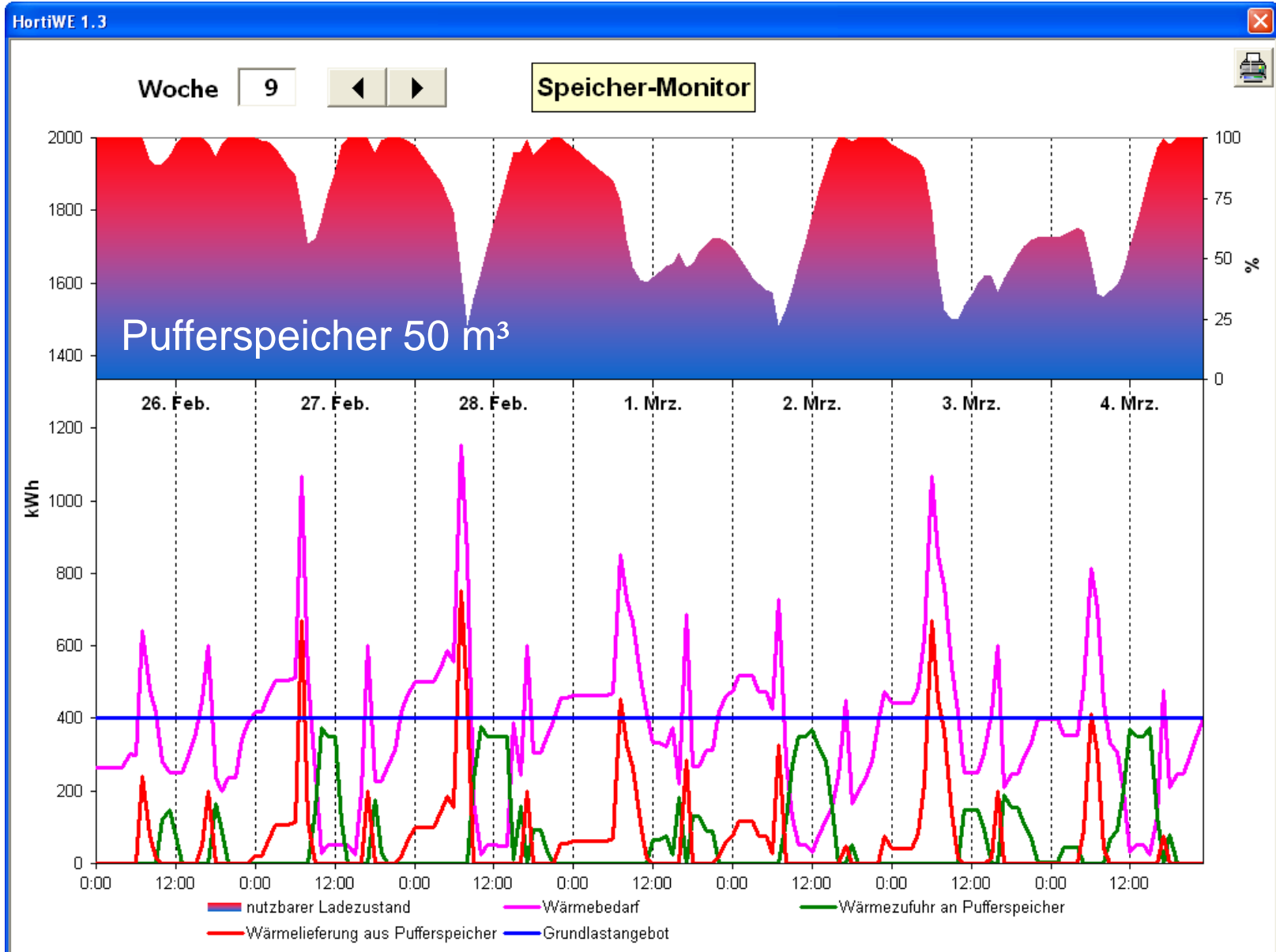
Thomas Daniel
Technikberatung

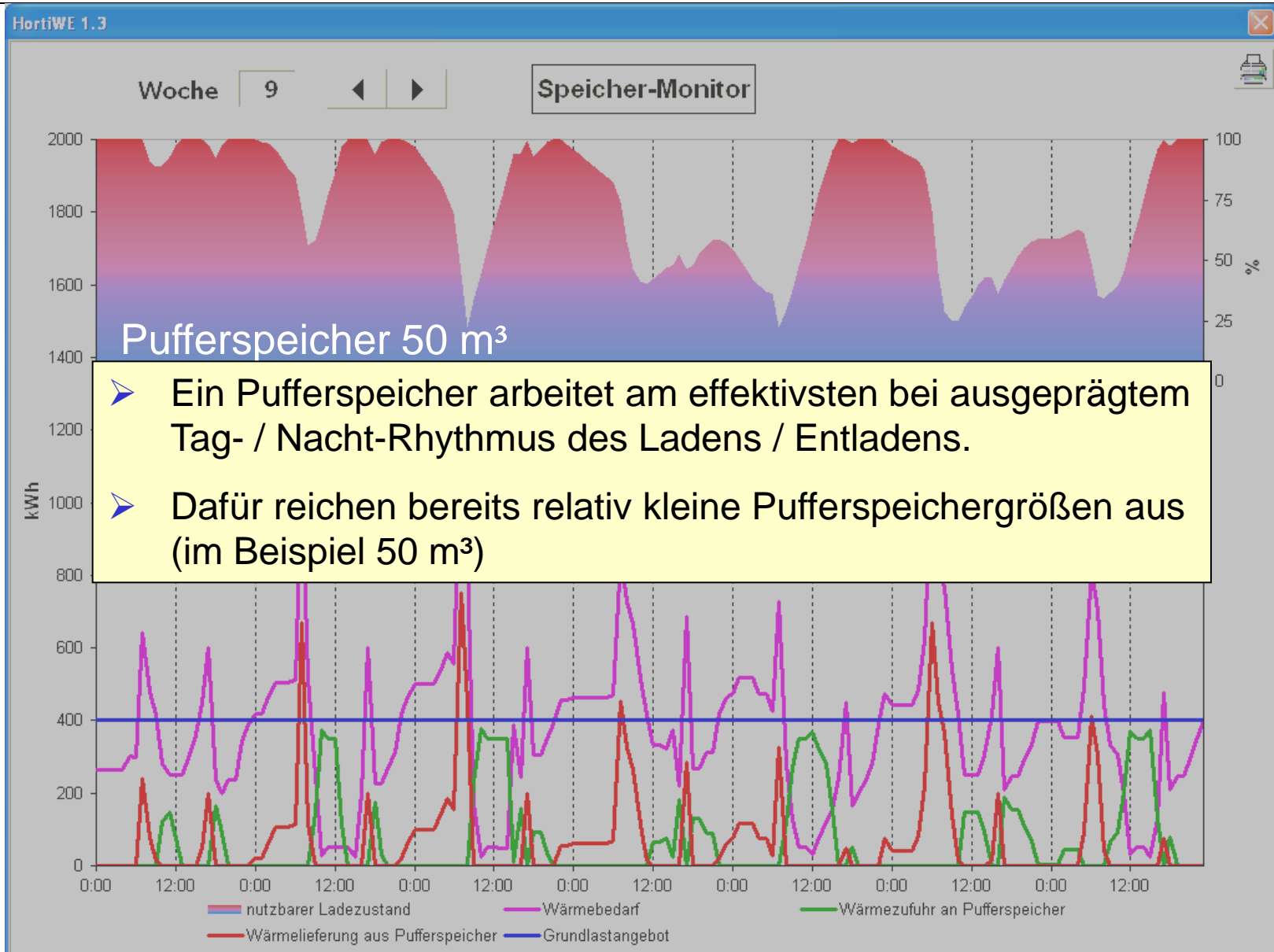
Anteil Grundlast an Jahreswärmeezeugung Beet- und Balkonpflanzen, Topfpflanzen - 9600 m²



Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein







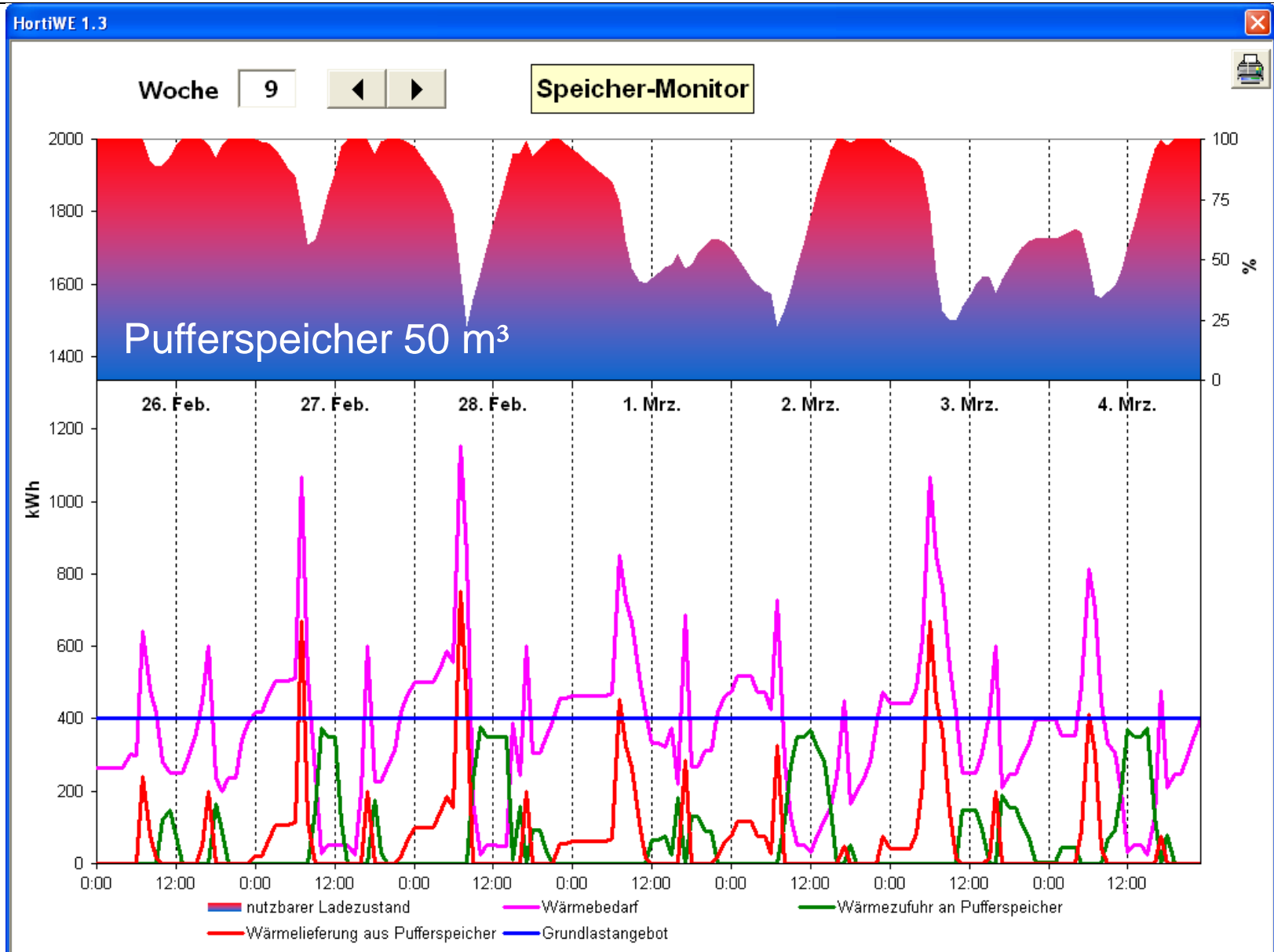
Nutzbarer Ladezustand

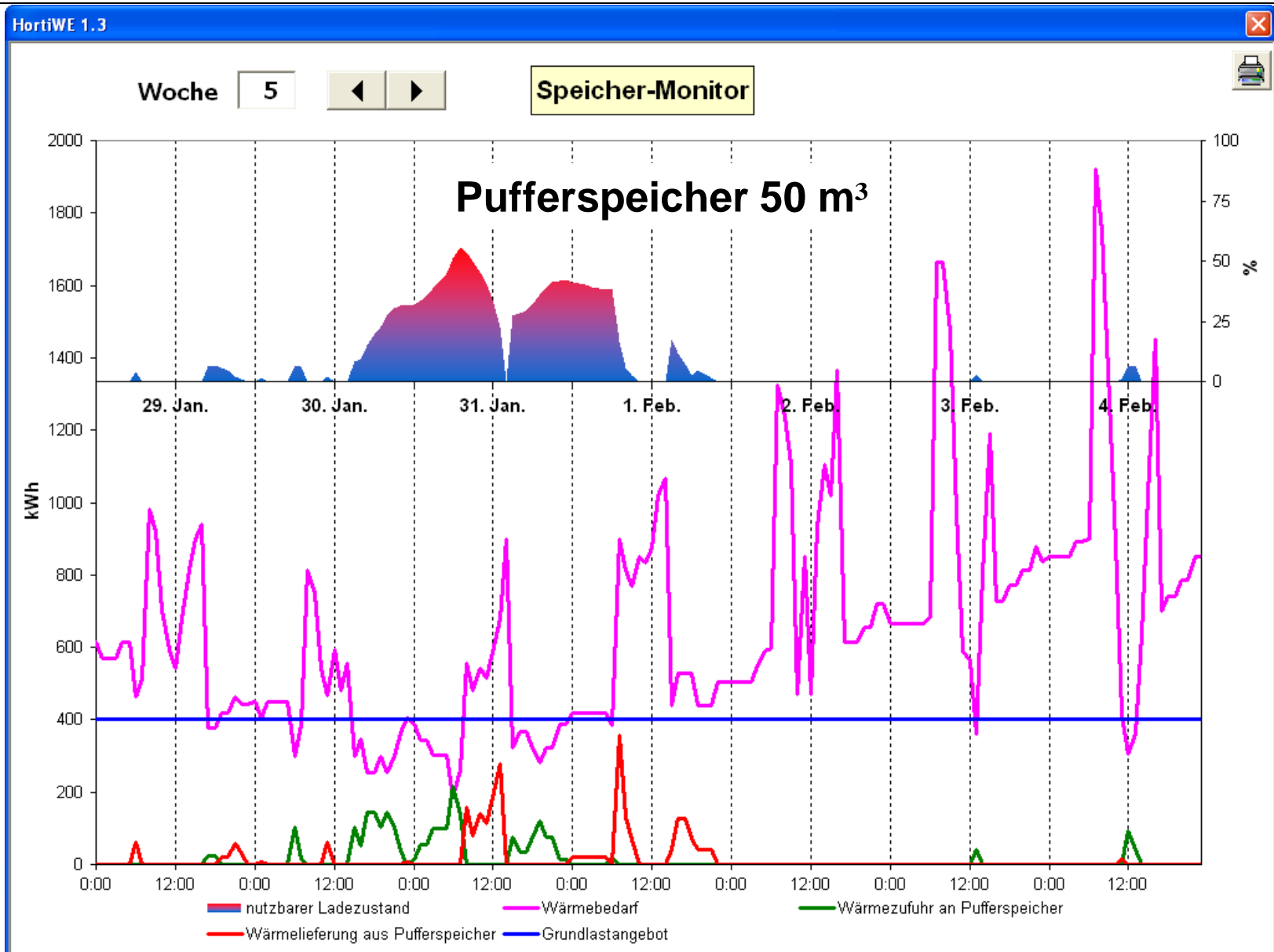
- abhängig von Wassertemperaturen im Speicher (mittlere Speichertemperatur) und mittlerer Heizungsrücklaufemperatur
- Bei ausgeprägtem Tag-/Nachtrhythmus des Ladens/Entladens (Beispielbetrieb 9. KW): mittlere Heizung-RL-Temperatur 40-55 °C, wenn nachts Wärmebedarf Grundlastangebot übersteigt
- Beispiel: VL-Temp. Speicherladung 82 °C
mittlere Heiz.-RL-Temp. 47 °C } $\Delta t = 35 \text{ K}$

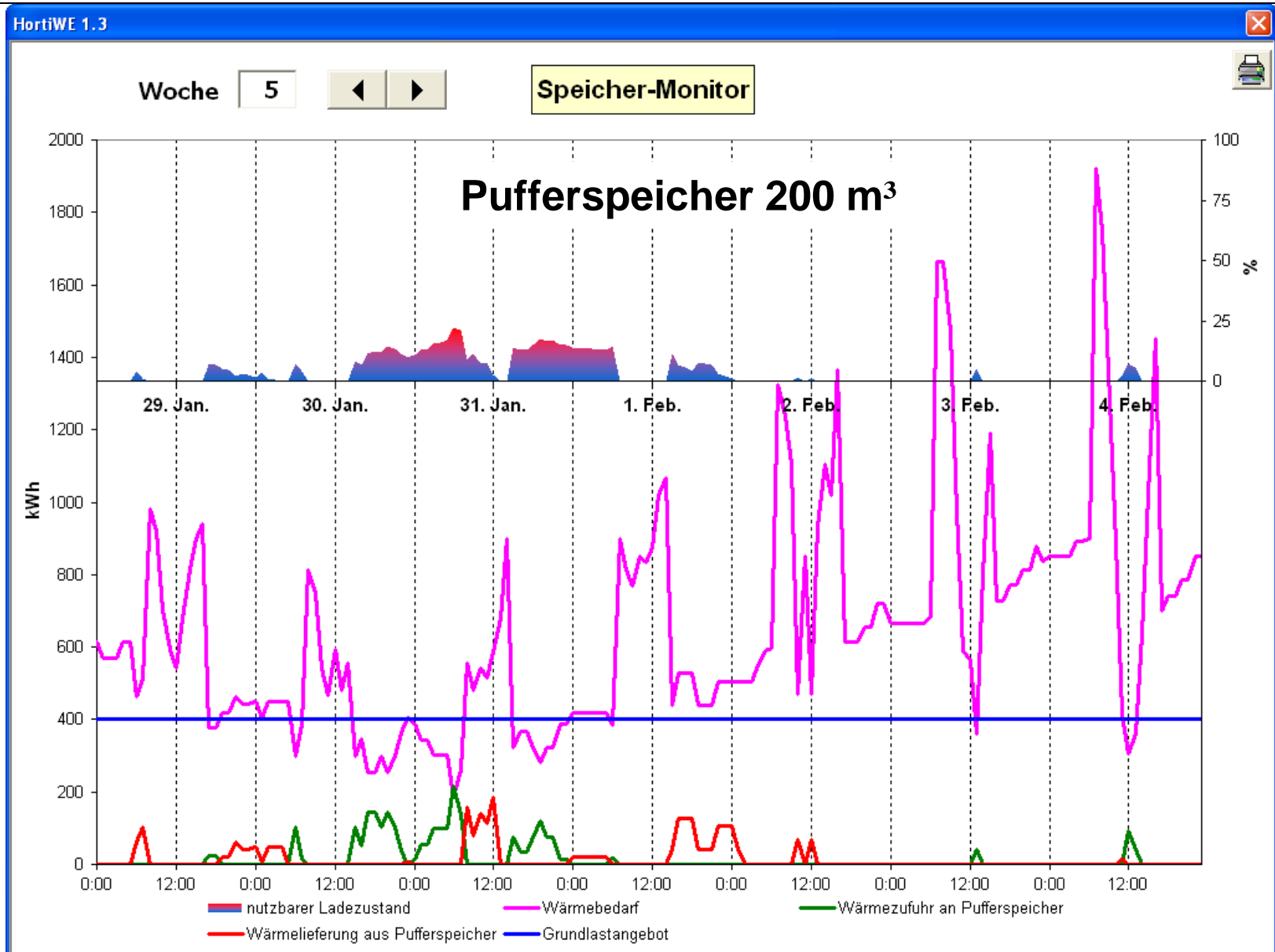
$$\text{Nutzbarer Ladezustand [kWh]} = 1,02 \times 1,163 \times 35 \times \text{Vol. Pufferspeicher in m}^3$$

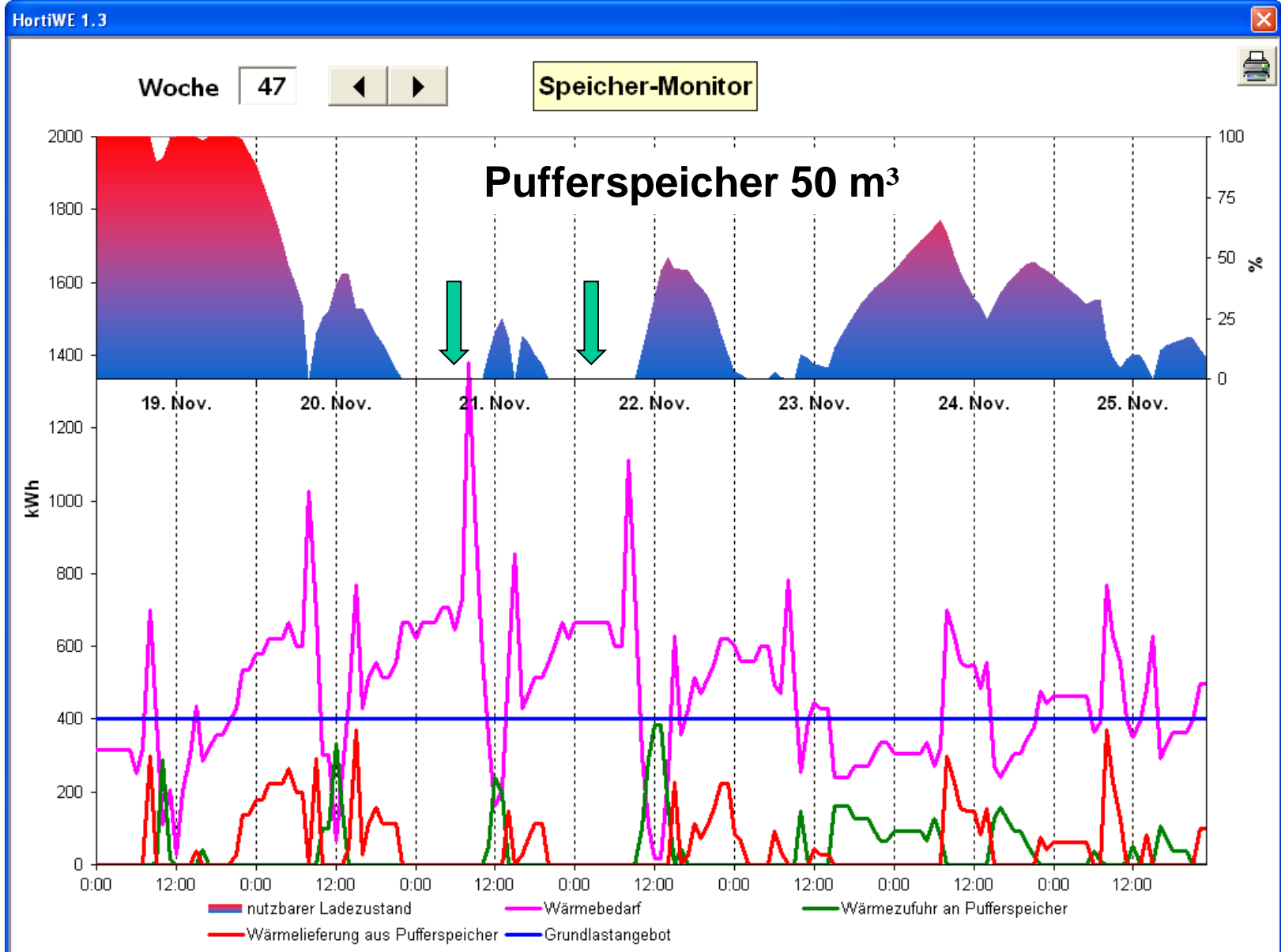
50 m³ → 2.076 kWh
100 m³ → 4.152 kWh
200 m³ → 8.304 kWh

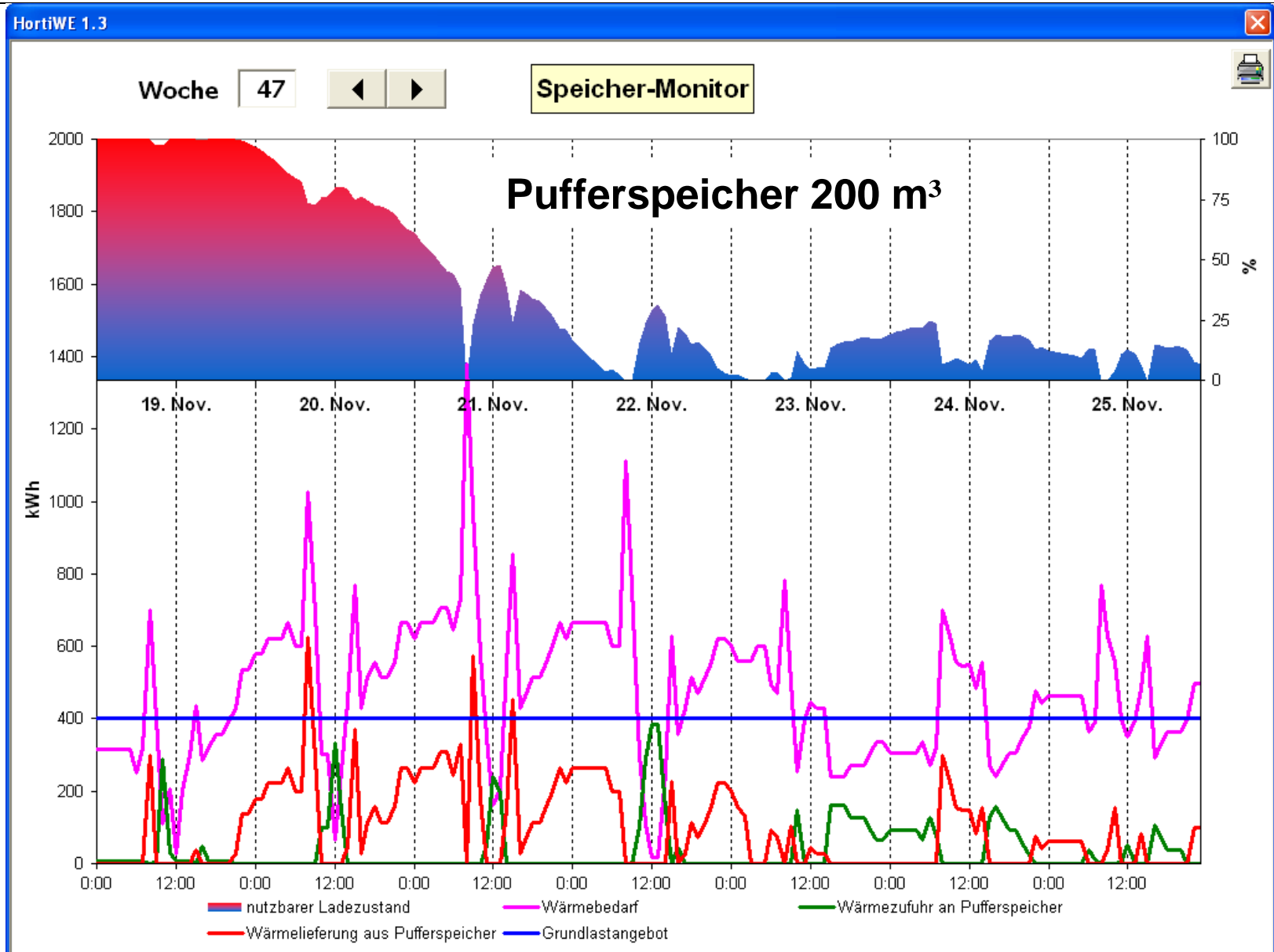
zusätzlich zur
Grundlast von
400 kW

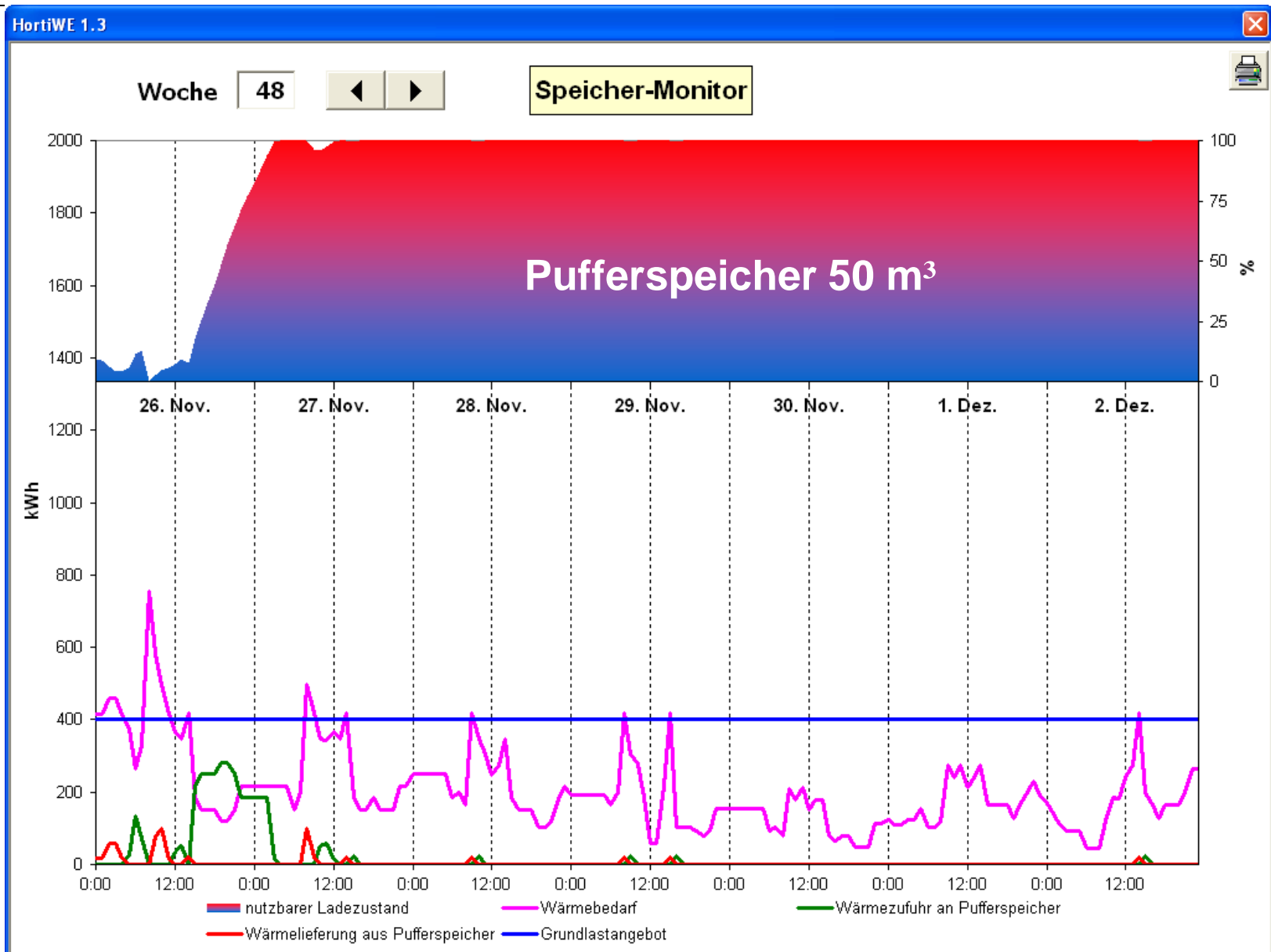


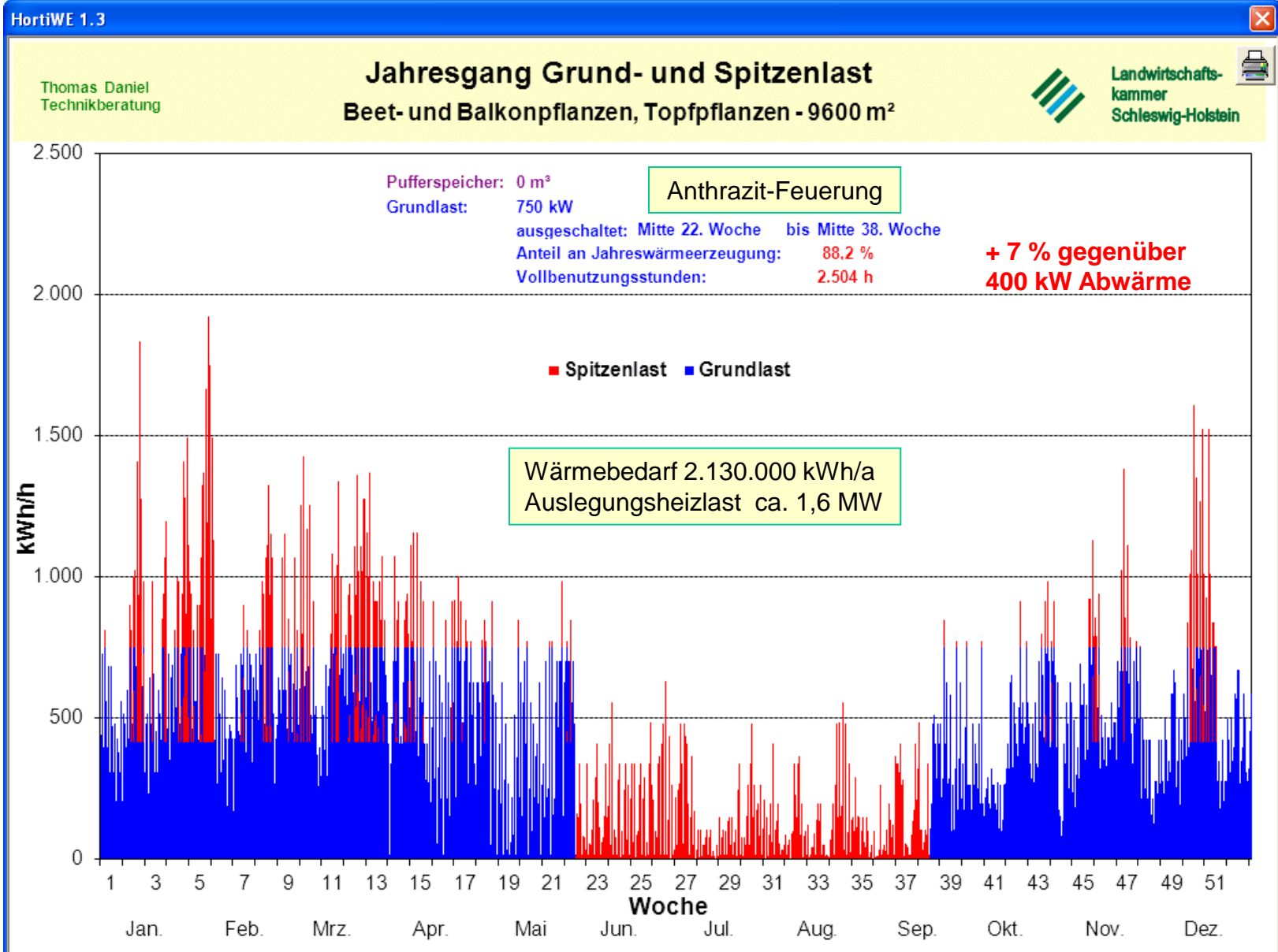














HortiWE 1.3

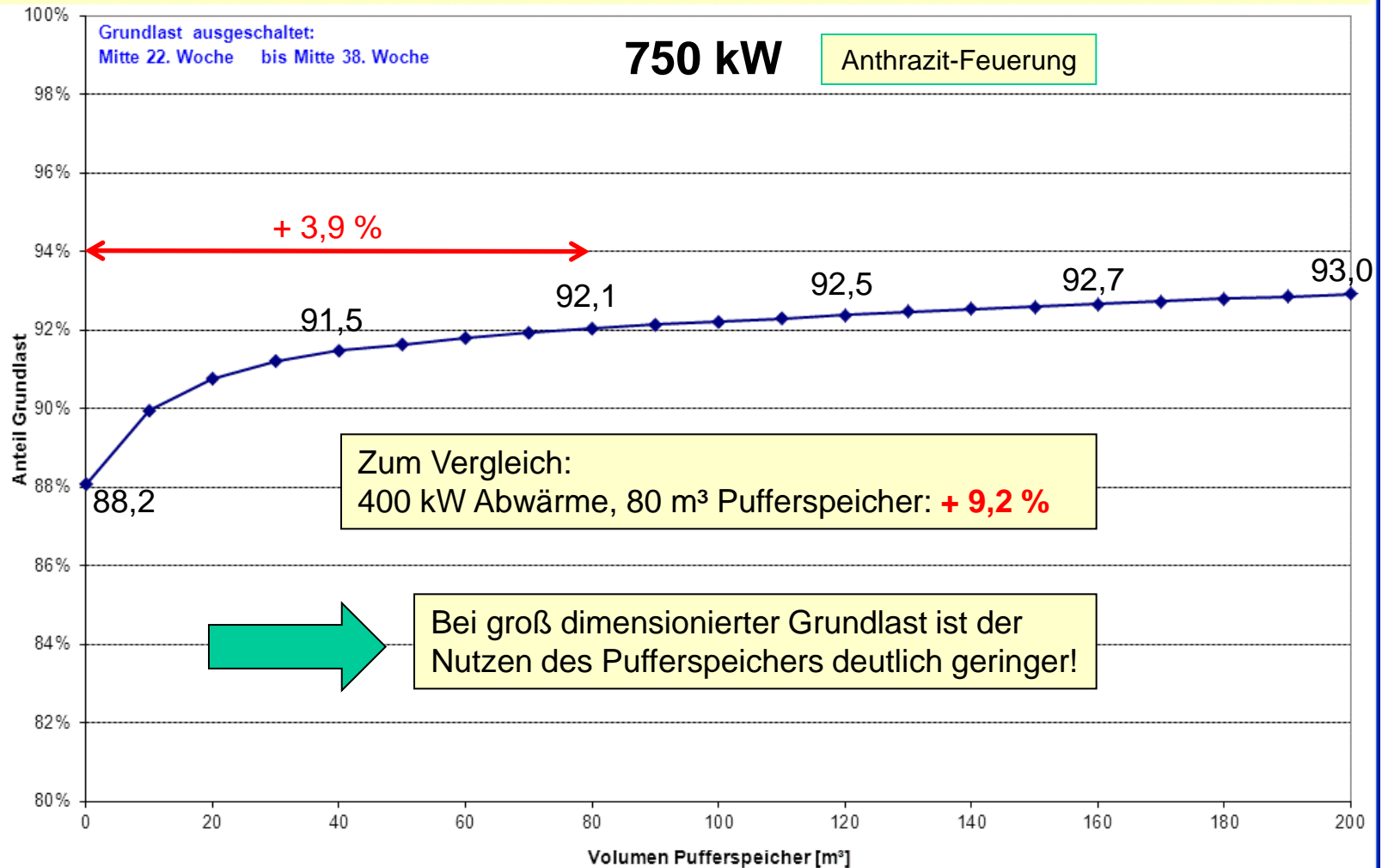


Thomas Daniel
Technikberatung

Anteil Grundlast an Jahreswärmeerzeugung Beet- und Balkonpflanzen, Topfpflanzen - 9600 m²



Landwirtschafts-
kammer
Schleswig-Holstein





Einsparung Wärmekosten durch Pufferspeicher (€/a ohne MwSt.)*

Beispielbetrieb: Beet- und Balkon, Topfpflanzen – 9.600 m², Wärmebedarf 2.130.000 kWh/a

Spitzenlast	Grundlast	Volumen Pufferspeicher (m ³)			
		50	100	150	200
Heizöl EL 65 ct/l	400 kW Abwärme Flat	12.902	2.015 ↔ 14.917	16.214	1.089 ↔ 17.303
	400 kW Abwärme 2,0 ct/kWh	9.188	1.263 ↔ 10.451	11.191	588 ↔ 11.779
	400 kW Holzhackschn. ** 31 €/Sm ³	5.642	712 ↔ 6.354	6.714	301 ↔ 7.015
	750 kW Anthrazit 216 €/t	3.038	264 ↔ 3.302	3.377	29 ↔ 3.406
Heizöl EL 75 ct/l	400 kW Abwärme Flat	14.887	2.325 ↔ 17.212	18.709	19.965
	400 kW Abwärme 2,0 ct/kWh	11.173	12.746	13.685	14.441
	400 kW Holzhackschn. ** 31 €/Sm ³	7.645	8.700	9.293	9.792
	750 kW Anthrazit 216 €/t	3.878	396 ↔ 4.274	4.432	4.535

* Unter Berücksichtigung der Wärmeverluste des Pufferspeichers
Holzhackschnitzel- und Anthrazitfeuerung ausgeschaltet von Mitte 22. Woche bis Mitte 38. Woche

** Hackschnitzel: G30, W<20, Nadelholz ohne Rinde

Alle Berechnungen mit
HortiWE 1.3, auf Grundlage
einer Hortex-Simulation.

Einsparung Wärmekosten durch Pufferspeicher (€/a ohne MwSt.)*

Beispielbetrieb: Beet- und Balkon, Topfpflanzen – 9.600 m², Wärmebedarf 2.130.000 kWh/a

Spitzenlast	Grundlast	Volumen Pufferspeicher (m ³)			
		50	100	150	200
Heizöl EL 65 ct/l	400 kW Abwärme Flat	12.902	↔ 2.015 ↔ 14.917	16.214	↔ 1.089 ↔ 17.303
	400 kW Abwärme 2,0 ct/kWh	9.188	↔ 1.263 ↔ 10.451	11.191	↔ 588 ↔ 11.779

Spitzenlast	Grundlast	Volumen Pufferspeicher (m ³)			
		50	100	150	200
Anthrazit 216 €/t	400 kW Abwärme Flat	5.138	↔ 802 ↔ 5.940	6.457	↔ 434 ↔ 6.891
	400 kW Abwärme 2,0 ct/kWh	1.425	↔ 49 ↔ 1.474	1.434	↔ -67 ↔ 1.367

* Unter Berücksichtigung der Wärmeverluste des Pufferspeichers
ohne optimierte Speicherladung (Pufferspeicher ganzjährig genutzt)

Alle Berechnungen mit HortiWE 1.3, auf Grundlage einer Hortex-Simulation.



Einsparung an Wärmekosten hängt außer von der Pufferspeichergröße entscheidend ab von

- Preis Grundlastwärme (ct/kWh bzw. €/Brennstoffeinheit)
- Preis Spitzenlastwärme (€/Brennstoffeinheit)

Dies sollte bei der Dimensionierung Berücksichtigung finden!



Pauschale Pufferspeicher-Auslegung in Abhängigkeit von

- Grundlastgröße, z.B. 100-130 l pro kW Grundlast oder
- Ladezeit, z.B. (kW Grundlast x 5-6 h Ladezeit) / (1,02 x 1,163 x Δt)

führt leicht zu einer betriebswirtschaftlich ungünstigen Dimensionierung!

Kosten Wärmeverluste durch Pufferspeicher (€/a ohne MwSt.)

Beispielbetrieb: Beet- und Balkon, Topfpflanzen – 9.600 m², Wärmebedarf 2.130.000 kWh/a

		Volumen Pufferspeicher (m ³)			
		50	100	150	200
	Wärmeverluste kWh/a (Puffer ganzjährig genutzt)	10.125	20.352	30.549	40.755
Kosten (€/a ohne MwSt.)	400 kW Abwärme Flat	-	-	-	-
	400 kW Abwärme 2,0 ct/kWh	203	407	611	815
	Wärmeverluste kWh/a (Grundlast ausgeschaltet Mitte 22. bis Mitte 38. KW)	7.508	15.181	22.883	30.635
Kosten (€/a ohne MwSt.)	400 kW Holzhackschnitzel* 31 €/Sm ³	300	607	915	1.225
	750 kW Anthrazit 216 €/t	220	444	670	897

* Hackschnitzel: G30, W<20, Nadelholz ohne Rinde

Standort Pufferspeicher: außen

Wärmedämmung: 15 cm Mineralwolle, WLG 035

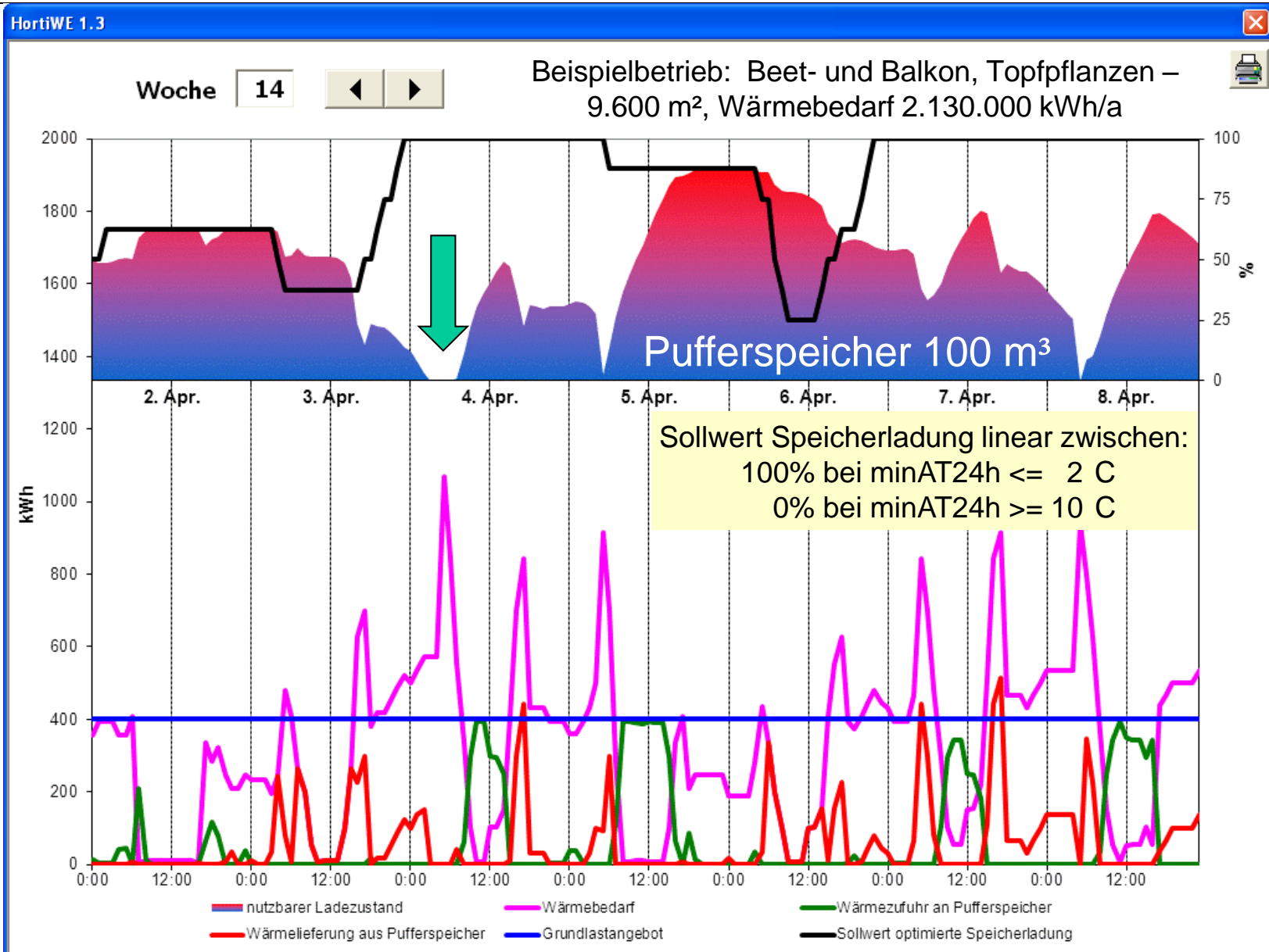
Pufferspeicherladung ausschließlich durch Grundlast, ohne optimierte Speicherladung

Alle Berechnungen mit HortiWE 1.3, auf Grundlage einer Hortex-Simulation.

Optimierte Speicherladung in Abhängigkeit von der niedrigsten Außentemperatur der letzten 24 Stunden

Probleme:

- Kann je nach Einstellung den Nutzen des Pufferspeichers einschränken
(z.B. nicht optimal geladener Pufferspeicher bei plötzlichem Kälteeinbruch oder hohen Wärmebedarfs-Spitzen in den Morgenstunden).
- Welche Einstellungen sind optimal?
- Ob durch die optimierte Speicherladung geringe Nutzeneinschränkungen aufgetreten sind, ist nur schwer erkennbar!



Optimierte Speicherladung in Abhängigkeit von der niedrigsten Außentemperatur der letzten 24 Stunden

Beispielbetrieb: Beet- und Balkon, Topfpflanzen – 9.600 m², Wärmebedarf 2.130.000 kWh/a

Grundlast 400 kW Abwärme (2 ct/kWh), Spitzenlast Heizöl EL (65 ct/l)

Pufferspeicher 100 m³, Standort außen, Wärmedämmung 15 cm Mineralwolle WLG 035

Sollwert Ladung 100% / 0% minAT24h C	Wärmeverluste Pufferspeicher kWh/a	Anteil Grundlast an Jahreswärmeerzeugung %	Jahres- Wärmekosten €/a
2 / 10	13.826	90,1	54.229
3 / 11	14.810	90,4	53.882
4 / 12	15.818	90,6	53.662
5 / 13	16.741	90,7	53.557
6 / 14	17.577	90,8	53.541
7 / 14	18.129	90,8	53.539
8 / 14	18.677	90,8	53.550
ohne Optimierung	20.352	90,8	53.584

nur 45 €
Einsparung

Alle Berechnungen mit HortiWE 1.3, auf Grundlage einer Hortex-Simulation.

Optimierte Speicherladung in Abhängigkeit von der niedrigsten Außentemperatur der letzten 24 Stunden

Beispielbetrieb: Beet- und Balkon, Topfpflanzen – 9.600 m², Wärmebedarf 2.130.000 kWh/a
Grundlast 400 kW Holzhackschnitzel (31 €/Sm³), ausgeschaltet Mitte 22. bis Mitte 38. KW
 Spitzenlast Heizöl EL (65 ct/l)

Pufferspeicher 100 m³, Standort außen, Wärmedämmung 15 cm Mineralwolle WLG 035

Sollwert Ladung 100% / 0% minAT24h C	Wärmeverluste Pufferspeicher kWh/a	Anteil Grundlast an Jahreswärmeerzeugung %	Jahres- Wärmekosten €/a
2 / 10	12.693	83,4	97.606
3 / 11	13.328	83,7	97.375
4 / 12	13.888	84,0	97.233
5 / 13	14.315	84,1	97.141
6 / 14	14.646	84,2	97.135
7 / 14	14.871	84,2	97.096
8 / 14	15.016	84,2	97.091
ohne Optimierung	15.181	84,2	97.096

nur 5 €
Einsparung

Alle Berechnungen mit HortiWE 1.3, auf Grundlage einer Hortex-Simulation.

Einfluss der Dämmstärke auf die Wärmeverlust-Kosten

Beispielbetrieb: Beet- und Balkon, Topfpflanzen – 9.600 m², Wärmebedarf 2.130.000 kWh/a

		Wärmedämmstärke Mineralwolle WLG 035 (cm)	Volumen Pufferspeicher (m ³)			
			50	100	150	200
Kosten Wärme- verluste Puffer (€/a)	400 kW Abwärme 2,0 ct/kWh	10	304	610	915	1.220
		15	203	407	611	815
		20	152	305	459	612
	400 kW Holzhackschnitzel 31 €/Sm ³ (Grundlast ausgeschaltet Mitte 22. bis Mitte 38. KW)	10	446	902	1.359	1.816
		15	300	607	915	1.225
		20	226	458	690	925
Mehrkosten 20 anstatt 15 cm Dämmstärke (€)			1.800	2.400	3.400	4.400

↕ -102
↕ -74
↕ -149
↕ -300

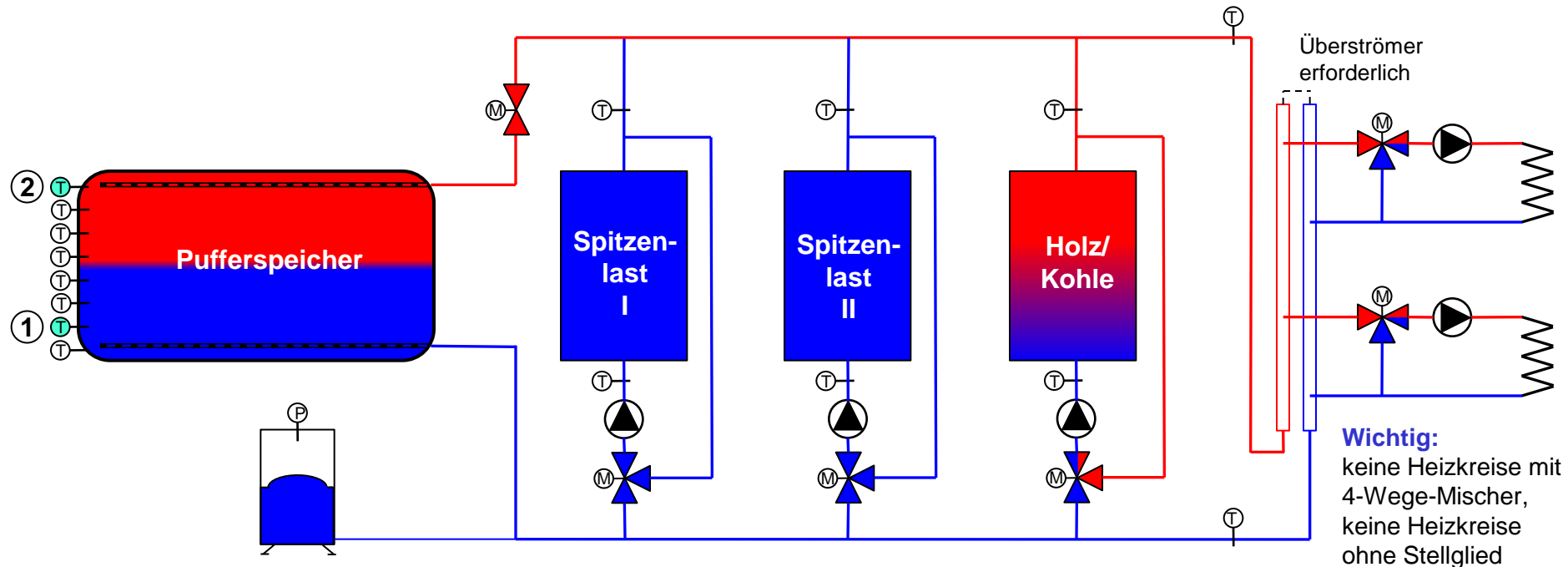
Standort Pufferspeicher: außen; Pufferspeicherladung ausschließlich durch Grundlast, ohne optimierte Speicherladung

Alle Berechnungen mit HortiWE 1.3, auf Grundlage einer Hortex-Simulation.

Wärmeverluste durch Pufferspeicher

- **Kosten der Wärmeverluste** oft überschätzt.
- **Optimierte Speicherladung** in Abhängigkeit von der niedrigsten Außentemperatur der letzten 24 h nicht zu empfehlen.
- **Gute Wärmedämmung** des Pufferspeichers (20 cm Mineralwolle) lohnt sich nur bei höherem Preis für die Grundlastwärme (mind. 3 ct/kWh) und größeren Pufferspeichern.

Parallele Speicher-Einbindung mit Speicher-Absperrventil

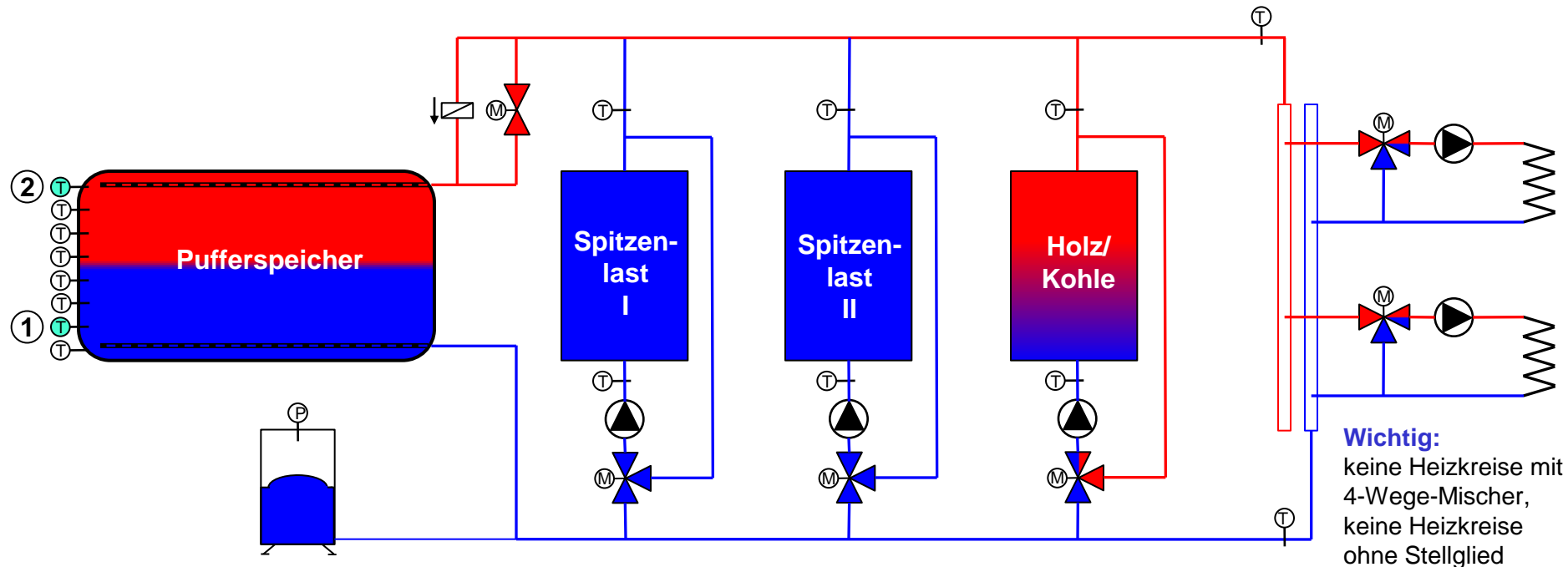


- ① Grundlastkessel abschalten (Ladevorgang beenden).
Speicher-Absperrventil bleibt geöffnet (hydraulischer Ausgleich, Aufnahme überschüssiger Wärme in den Speicher).
- ② Spitzenlastkessel zuschalten, Speicher-Absperrventil schließen (Verhinderung Speicherladung durch Spitzenlastkessel).
Absperrventil wird wieder geöffnet, sobald Spitzenlastkessel abschalten.

Einfaches Speichermanagement über 2-Punkt-Regelungen realisierbar.

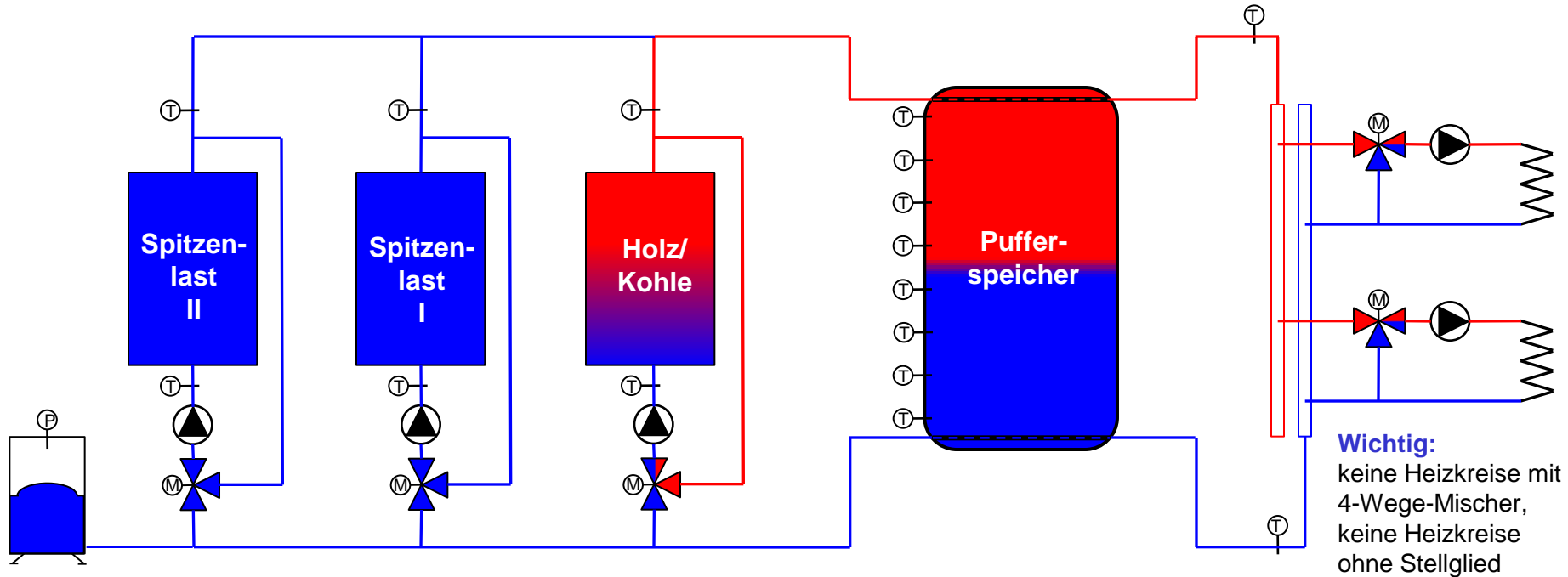
Achtung: Gleitendes „Abfahren“ des Glutbettes nicht über 2-Punkt-Regelungen möglich.

Parallele Speicher-Einbindung mit Speicher-Absperrventil und Bypass mit Rückschlagklappe



- Vorteil: Auch bei Betrieb der Spitzenlastkessel:
- hydraulischer Ausgleich über Pufferspeicher (kein Überströmer am Verteiler erforderlich)
 - Aufnahme überschüssiger Wärme in den Speicher (wichtig bei Spitzenlastkesseln mit hoher Grundmodulation)
- Nachteil: Die Haupt-VL-Temperatur muss immer größer oder gleich Pufferladetemperatur sein, um die Speicherschichtung nicht zu zerstören.
Dadurch entsteht bei Betrieb der Spitzenlastkessel mehr Überschusswärme, die zwar in den Pufferspeicher geladen wird, den Nutzen des Speichers aber geringfügig reduziert.

Pufferspeicher als hydraulische Weiche

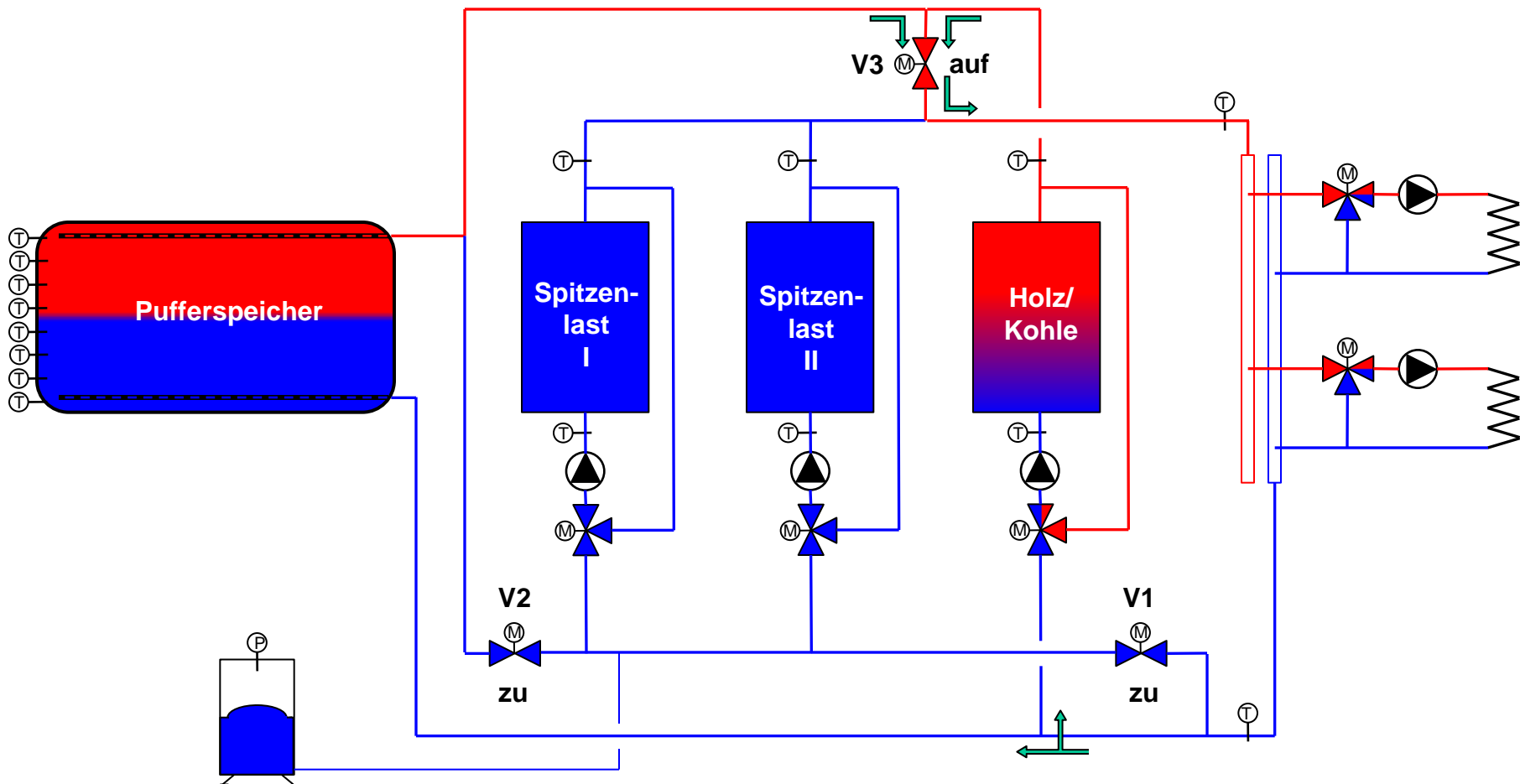


Steuerung der Kessel nach Ladezustand des Pufferspeichers.

Vorteile: - optimaler hydraulischer Ausgleich

R.A.S.S. (RAM.Alternative.Speicher.Steuerung)*

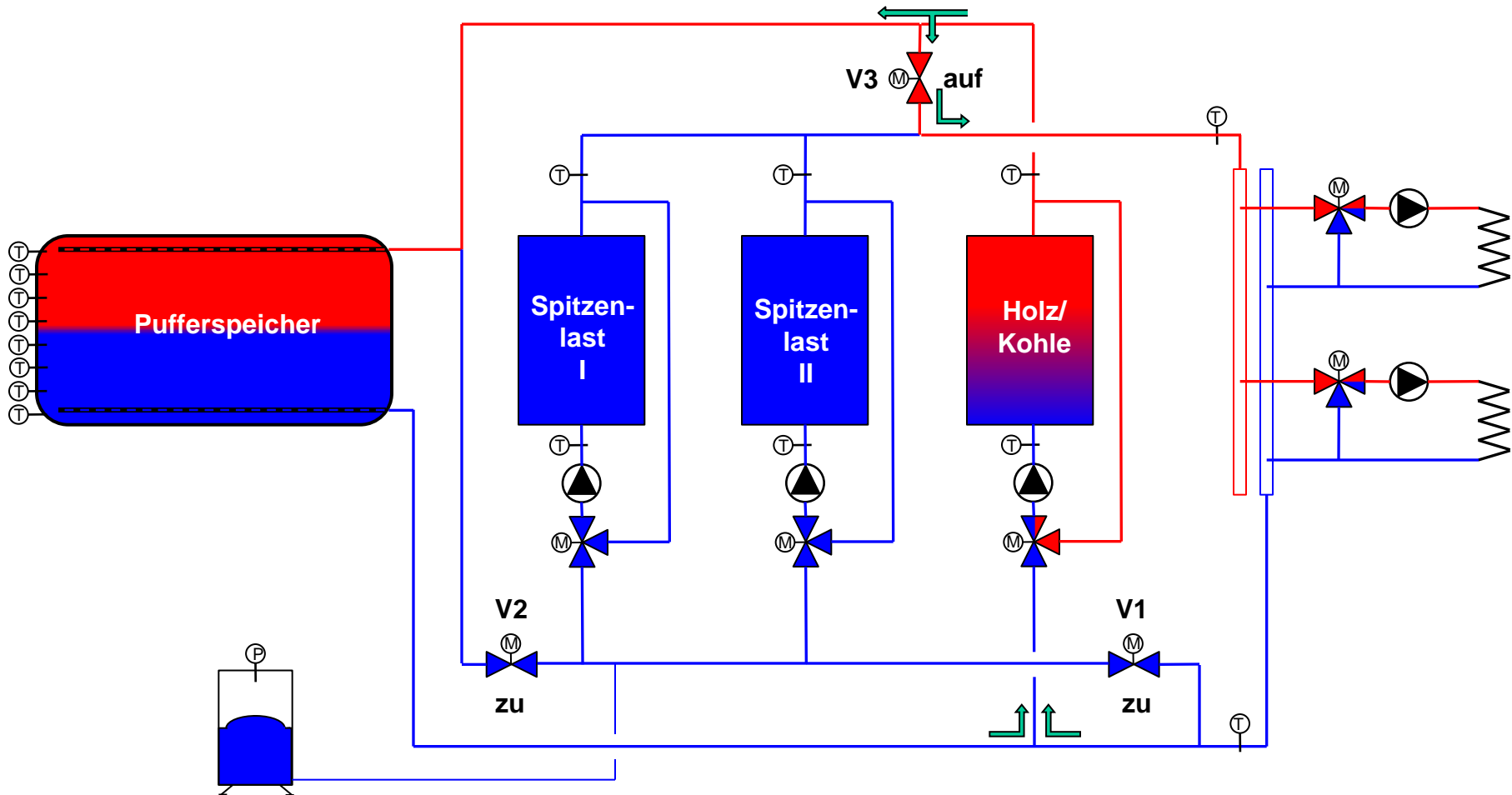
1. Heizkreise werden durch Grundlastkessel (Holz/Kohle) + Speicher versorgt



* Alleinvertriebsrechte Hans van Beber Heizungsbau GmbH & Co. KG, Straelen, und RAM GmbH Mess- und Regeltechnik, Herrsching

R.A.S.S. (RAM.Alternative.Speicher.Steuerung)*

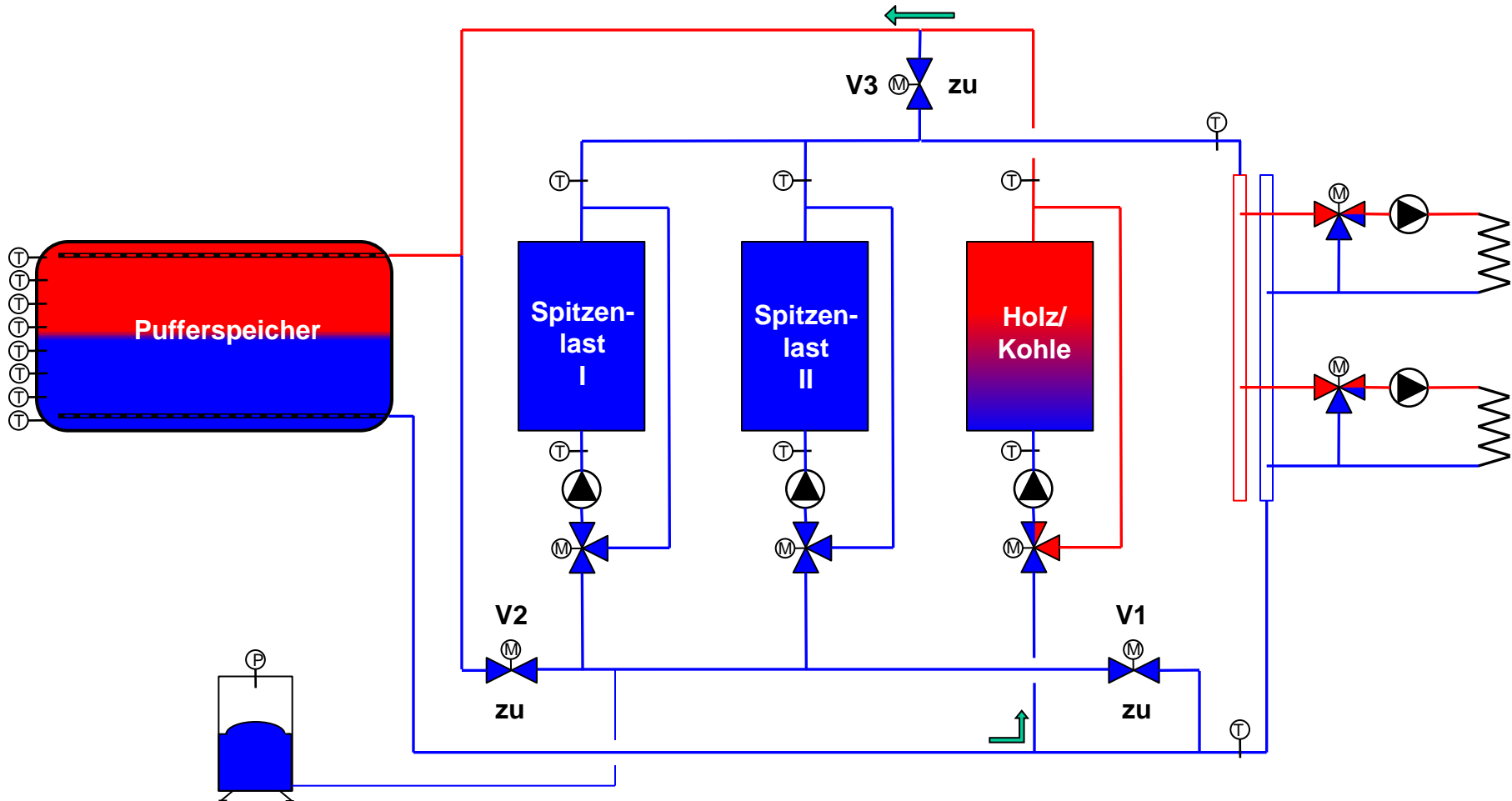
2. Grundlastkessel (Holz/Kohle) versorgt Heizkreise und lädt Speicher



* Alleinvertriebsrechte Hans van Beber Heizungsbau GmbH & Co. KG, Straelen, und RAM GmbH Mess- und Regeltechnik, Herrsching

R.A.S.S. (RAM.Alternative.Speicher.Steuerung)*

3. Grundlastkessel (Holz/Kohle) lädt Speicher

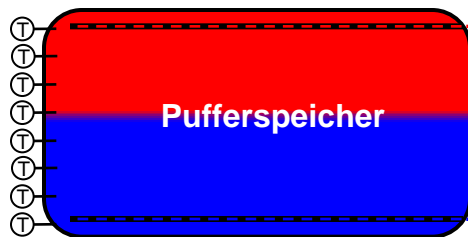


* Alleinvertriebsrechte Hans van Beber Heizungsbau GmbH & Co. KG, Straelen, und RAM GmbH Mess- und Regeltechnik, Herrsching

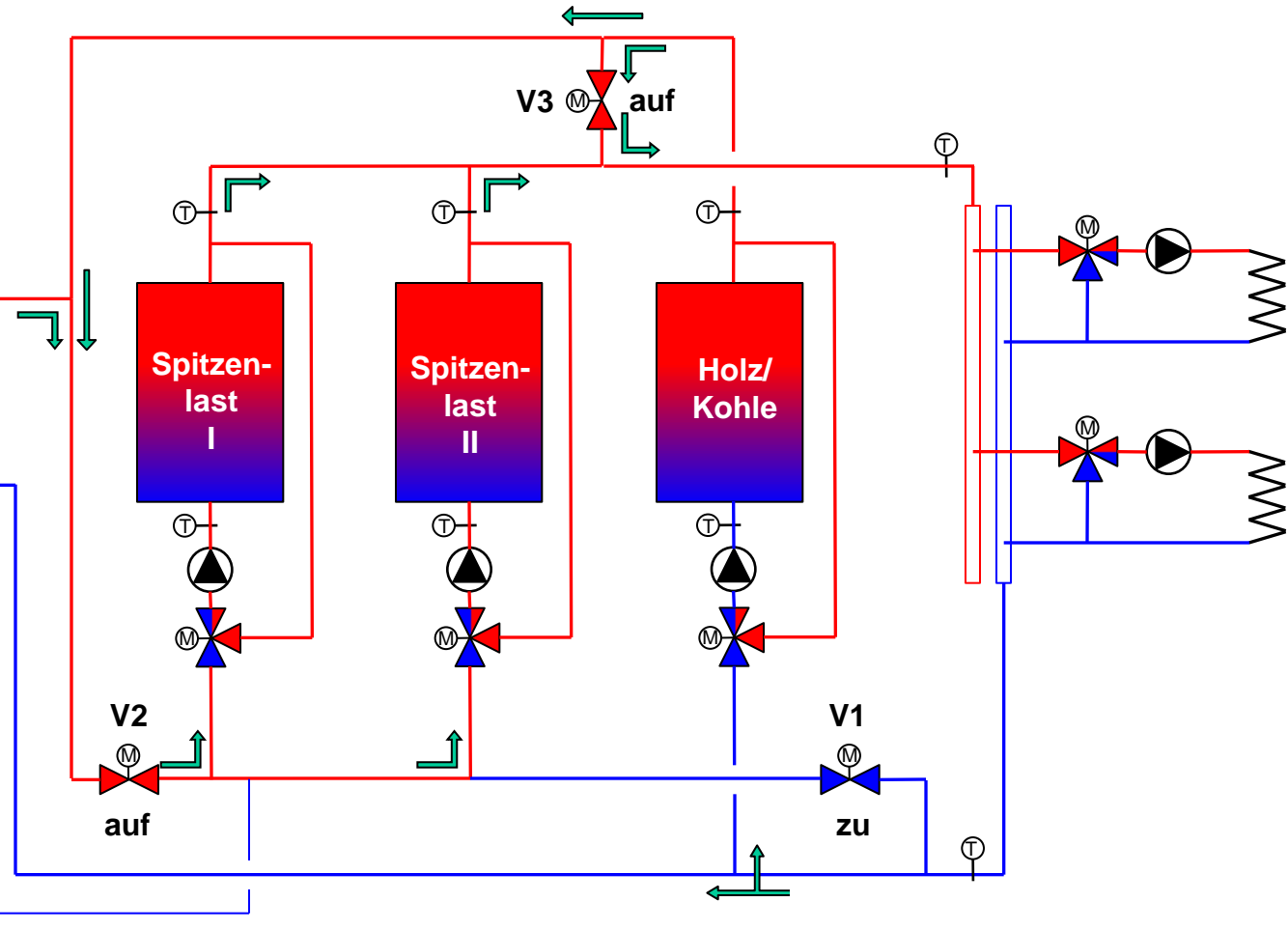
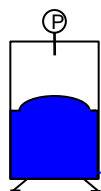
R.A.S.S. (RAM.Alternative.Speicher.Steuerung)*

4. Grundlastkessel, Spitzenlastkessel und Speicher versorgen die Heizkreise

Durch Rücklaufanhebung der Spitzenlastkessel schnellere Bereitstellung der Spitzenlast und Schutz vor Korrosion (kein Schwitzwasser).



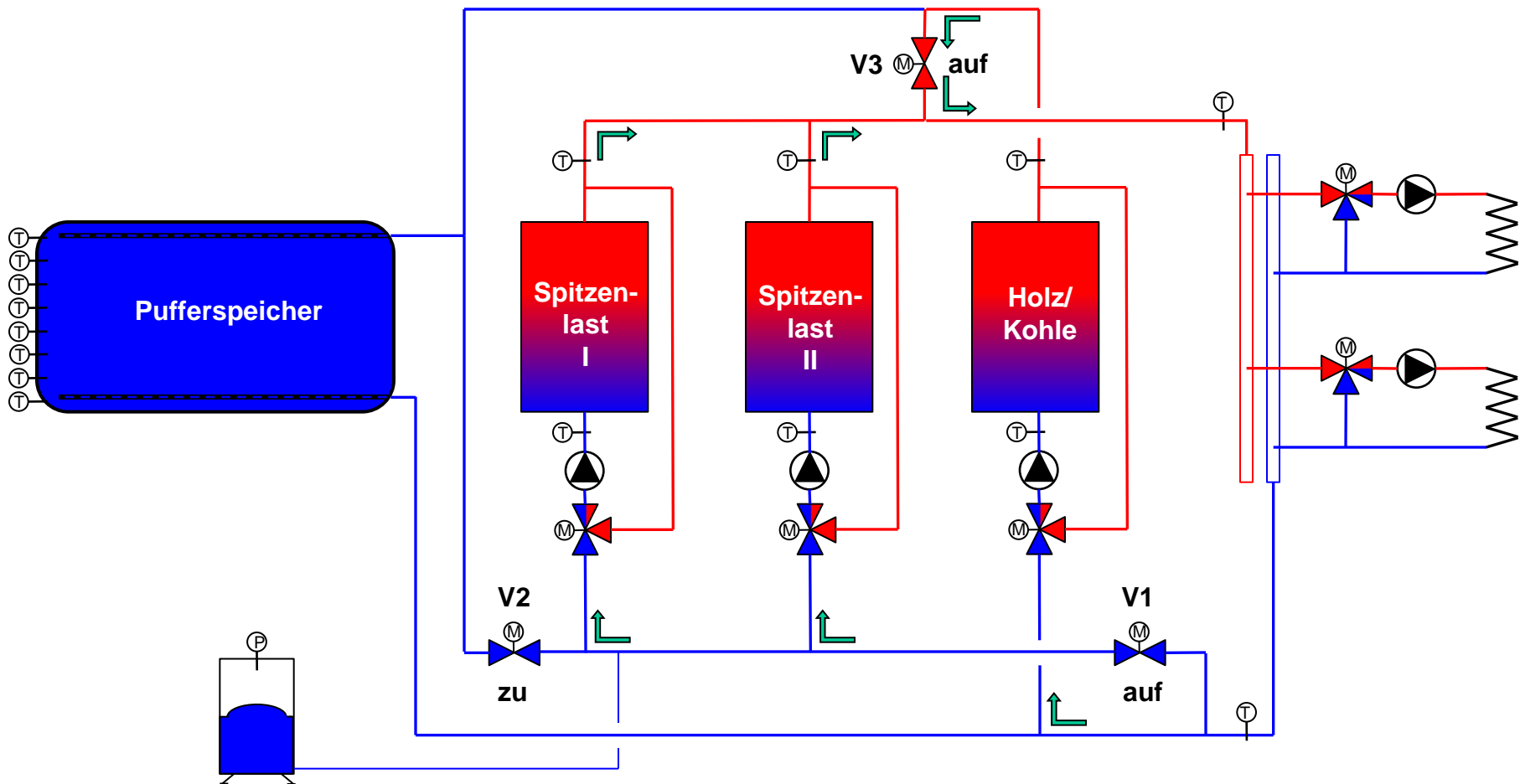
Nach Abschalten der Spitzenlastkessel kann zur Stützung während der Bereitschaftsdauer durch kurzzeitiges Öffnen von V2 Heizwasser aus Pufferspeicher genutzt werden.



* Alleinvertriebsrechte Hans van Beber Heizungsbau GmbH & Co. KG, Straelen, und RAM GmbH Mess- und Regeltechnik, Herrsching

R.A.S.S. (RAM.Alternative.Speicher.Steuerung)*

5. Grundlastkessel und Spitzenlastkessel versorgen die Heizkreise (Speicher leer)

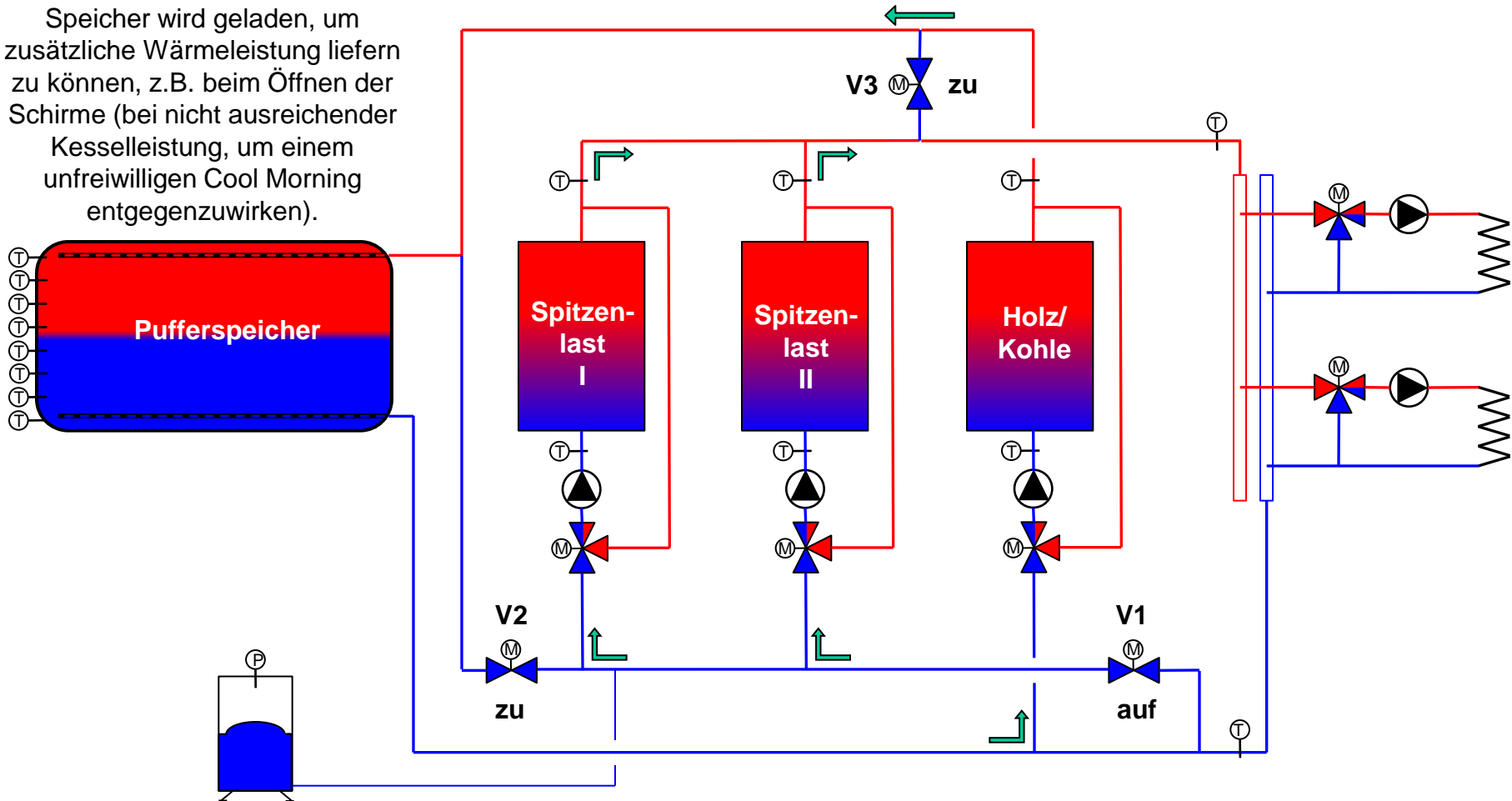


* Alleinvertriebsrechte Hans van Beber Heizungsbau GmbH & Co. KG, Straelen, und RAM GmbH Mess- und Regeltechnik, Herrsching

R.A.S.S. (RAM.Alternative.Speicher.Steuerung)*

6. Spitzenlastkessel versorgen die Heizkreise, Grundlastkessel lädt Speicher

Speicher wird geladen, um zusätzliche Wärmeleistung liefern zu können, z.B. beim Öffnen der Schirme (bei nicht ausreichender Kesselleistung, um einem unfreiwilligen Cool Morning entgegenzuwirken).

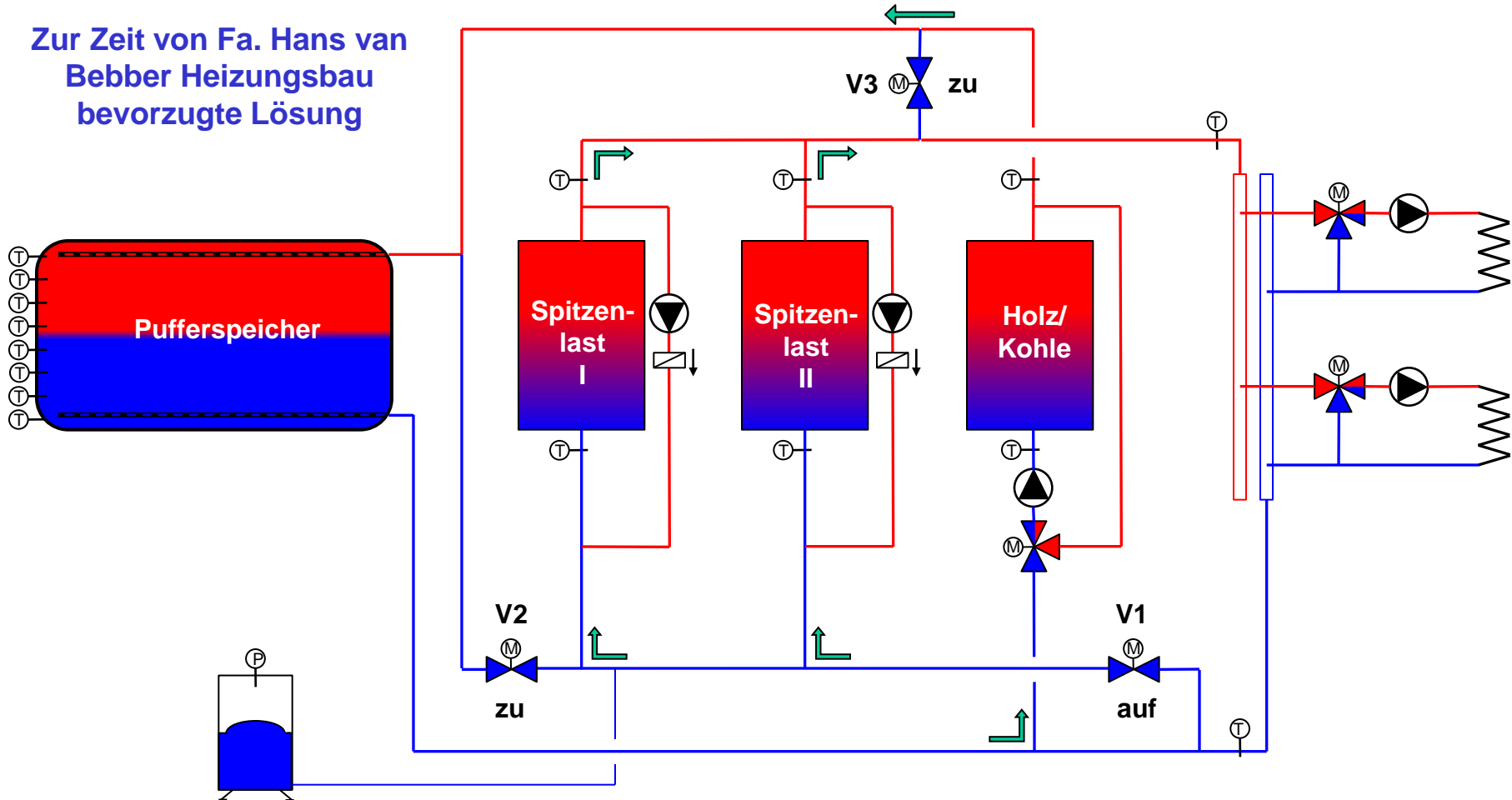


* Alleinvertriebsrechte Hans van Bebber Heizungsbau GmbH & Co. KG, Straelen, und RAM GmbH Mess- und Regeltechnik, Herrsching

R.A.S.S. (RAM.Alternative.Speicher.Steuerung)*

Alternativ: Spitzenlastkessel mit Kesselbeimischpumpe

Zur Zeit von Fa. Hans van
Bebber Heizungsbau
bevorzugte Lösung



* Alleinvertriebsrechte Hans van Bebbber Heizungsbau GmbH & Co. KG, Straelen, und RAM GmbH Mess- und Regeltechnik, Herrsching

Hydraulische Einbindung und Speichermanagement

- parallele Speicher-Einbindung mit Speicher-Absperrventil:
 - bewährte Lösung

- parallele Speicher-Einbindung mit Speicher-Absperrventil und Bypass mit Rückschlagklappe:
 - bei Spitzenlastkesseln mit hoher Grundmodulation

- Pufferspeicher als hydraulische Weiche:
 - einfacher Aufbau
 - optimaler hydraulischer Ausgleich

- R.A.S.S. (RAM.Alternative.Speicher.Steuerung):
 - bietet viele Möglichkeiten, ist andererseits aber auch komplex, aufwendig und teurer
 - nur über RAM-Regelcomputer

Investitionskosten Pufferspeicher (Beispiele)

Pufferspeicher neu,

liegend, mit TÜV-Prüfung,
Isolation: 200 mm Mineralwolle,
Blechummantelung,
Abstandshalter für Isolation,
Sicherheitsorgane,
7 Stück Temperatursensoren,
inkl. Transport, Aufstellung

50 m ³	⇒	37.000 €
100 m ³	⇒	51.000 €
200 m ³	⇒	64.000 €

Fundamente

abhängig von Tankform und
Anzahl FüÙe

50 m ³	⇒	4.000 €
100 m ³	⇒	6.000 €
200 m ³	⇒	12.000 €

gebrauchte Pufferspeicher

Pufferspeicher gebraucht,

liegend,

Isolation: 100 mm Mineralwolle,

Blechummantelung,

Sicherheitsorgane (neu),

7 Stück Temperatursensoren (neu),

inkl. Transport, Aufstellung

Nachisolation

100 m³ ⇒ **20.000 €**

200 m³ ⇒ **30.000 €**

zu beachten:

Öllagerbehälter sind nur für drucklose Lagerung ausgelegt.

Der Einsatz als Druckbehälter in Form eines Pufferspeichers ist nicht zulässig.

Investitionskosten Pufferspeicher (Beispiele)

Druckhaltung und Entgasung 50 m³ ⇒ **15.000 €**

100 m³ ⇒ **17.000 €**

200 m³ ⇒ **20.000 €**

Hydraulische Einbindung,

Mischkreis oder
frequenzgesteuerte Pumpe,
Schmutzfänger,
Handabsperklappen,
Motorklappe, Rückschlagventil,
Verrohrung, Isolation

10.000 – 12.000 €

Steuerung / Speichermanagement:

➤ über zwei Zweipunktregler
(Speicherladung stoppen,
Spitzenlastkessel zuschalten) ⇒ **500 €**

➤ Integration in vorhandene RAM-
Regelcomputeranlage ⇒ **2.000 €**

Investitionskosten Pufferspeicher insgesamt (Beispiele)

	50 m ³	100 m ³	200 m ³
Pufferspeicher neu	37.000	51.000	64.000
Fundamente	4.000	6.000	12.000
Druckhaltung und Entgasung	15.000	17.000	20.000
Hydraulische Einbindung	10.000	11.000	12.000
Steuerung / Speichermanagement (2 x Zweipunktregler)	500	500	500
insgesamt	66.500	85.500	108.500

Gegenüberstellung Investitionskosten und Einsparung Wärmekosten durch Pufferspeicher

Beispielbetrieb: Beet- und Balkon, Topfpflanzen – 9.600 m², Wärmebedarf 2.130.000 kWh/a

			Volumen Pufferspeicher (m ³)		
			50	100	200
Investitionskosten (€ ohne MwSt.)	(mit Pufferspeicher neu)		66.500	85.500	108.500
	(mit Pufferspeicher gebraucht)		-	54.500	74.500
	Spitzenlast	Grundlast			
Einsparungen Wärmekosten (€/a ohne MwSt.)*	Heizöl EL 65 ct/l	400 kW Abwärme Flat	12.902	14.917	17.303
		400 kW Abwärme 2,0 ct/kWh	9.188	10.451	11.779
		400 kW Holzhackschn.** 31 €/Sm ³	5.642	6.354	7.015
		750 kW Anthrazit 216 €/t	3.038	3.302	3.406

* Unter Berücksichtigung der Wärmeverluste des Pufferspeichers

** Hackschnitzel: G30, W<20, Nadelholz ohne Rinde
Holzhackschnitzel- und Anthrazitfeuerung ausgeschaltet von Mitte 22. Woche bis Mitte 38. Woche

Alle Berechnungen mit HortiWE 1.3, auf Grundlage einer Hortex-Simulation.

Gegenüberstellung Investitionskosten und Einsparung Wärmekosten durch Pufferspeicher

Beispielbetrieb: Beet- und Balkon, Topfpflanzen – 9.600 m², Wärmebedarf 2.130.000 kWh/a

			Volumen Pufferspeicher (m ³)		
			50	100	200
Investitionskosten (€ ohne MwSt.)	(mit Pufferspeicher neu)		66.500	85.500	108.500
	(mit Pufferspeicher gebraucht)		-	54.500	74.500
	Spitzenlast	Grundlast			
Einsparungen Wärmekosten (€/a ohne MwSt.)*	Heizöl EL 75 ct/l	400 kW Abwärme Flat	14.887	17.212	19.965
		400 kW Abwärme 2,0 ct/kWh	11.173	12.746	14.441
		400 kW Holzhackschn.** 31 €/Sm ³	7.645	8.700	9.792
		750 kW Anthrazit 216 €/t	3.878	4.274	4.535

* Unter Berücksichtigung der Wärmeverluste des Pufferspeichers

** Hackschnitzel: G30, W<20, Nadelholz ohne Rinde

Holzhackschnitzel- und Anthrazitfeuerung ausgeschaltet von Mitte 22. Woche bis Mitte 38. Woche

Alle Berechnungen mit HortiWE 1.3, auf Grundlage einer Hortex-Simulation.

Gegenüberstellung Investitionskosten und Einsparung Wärmekosten durch Pufferspeicher

Beispielbetrieb: Beet- und Balkon, Topfpflanzen – 9.600 m², Wärmebedarf 2.130.000 kWh/a

		Volumen Pufferspeicher (m ³)			
		50	100	200	
Investitionskosten (€ ohne MwSt.)	(mit Pufferspeicher neu)	66.500	85.500	108.500	
	(mit Pufferspeicher gebraucht)	-	54.500	74.500	
	Spitzenlast	Grundlast			
Einsparungen Wärmekosten (€/a ohne MwSt.)*	Anthrazit 216 €/t	400 kW Abwärme Flat	5.138	5.940	6.891
		400 kW Abwärme 2,0 ct/kWh	1.425	1.474	1.367

951

* Unter Berücksichtigung der Wärmeverluste des Pufferspeichers
Pufferspeicherladung ausschließlich durch Grundlast,
ohne optimierte Speicherladung (Pufferspeicher ganzjährig genutzt)

Fazit

- Ein Pufferspeicher arbeitet **am effektivsten bei ausgeprägtem Tag- / Nacht-Rhythmus** des Ladens / Entladens.
Dafür reichen bereits relativ kleine Pufferspeichergrößen aus.
- Bei **groß dimensionierter Grundlast** ist der Nutzen des Pufferspeichers deutlich geringer!
- Die **Einsparung an Wärmekosten** hängt außer von der Pufferspeichergröße entscheidend vom Preis der Grundlastwärme und vom Preis der Spitzenlastwärme ab. Dies sollte bei der Dimensionierung Berücksichtigung finden!
- Die optimale Pufferspeichergröße sollte grundsätzlich durch **Auslegungs- und Wirtschaftlichkeitsberechnungen** betriebsindividuell ermittelt werden.



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit !**