

Regelungstechnik im effizienten (Sonnen-)haus

- Bestandteile eines effizienten (Sonnen-)Hauses
- Warum ist „keep it easy“ und „möglichst wenig“ heute nicht mehr das gleiche?
- Was kann die Regelungstechnik leisten
- Was ist zu berücksichtigen?
- Optimierungsbeispiel Pufferbewirtschaftung – was geht?
- Wo liegen die Grenzen
- Begriffe aus der Regelungstechnik

Dipl.-Ing. Andreas Nitsch

Büro für

Haus- und Energietechnik, Regelungstechnik

Planung/Programmierung/Montage

Baugruppenentwicklung

Bestandteile eines effizienten (Sonnen-) Hauses

Das Haus



Die Anlagentechnik



Der Bewohner



Nutzung
Größe
Baustandard
Etc.

Die Regelung

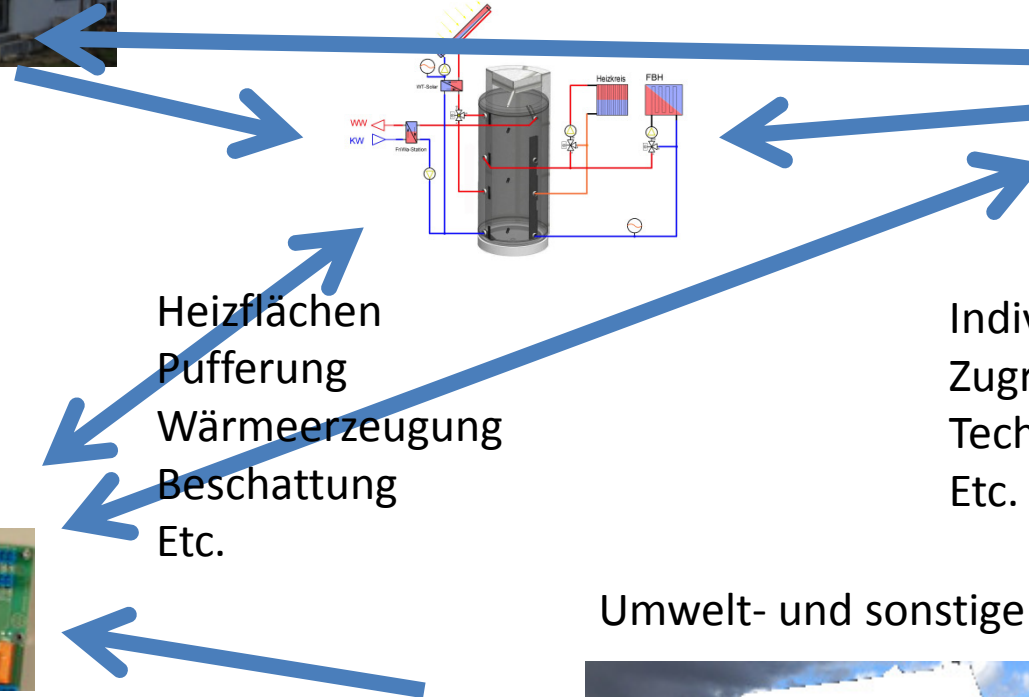


Funktion
Effizienter Energieeinsatz
Kommunikation
Visualisierung, etc

Heizflächen
Pufferung
Wärmeerzeugung
Beschattung
Etc.

Individuelle Wünsche
Zugriffsmöglichkeiten
Techn. Verständnis
Etc.

Umwelt- und sonstige Daten



Bestandteile eines effizienten (Sonnen-) Hauses



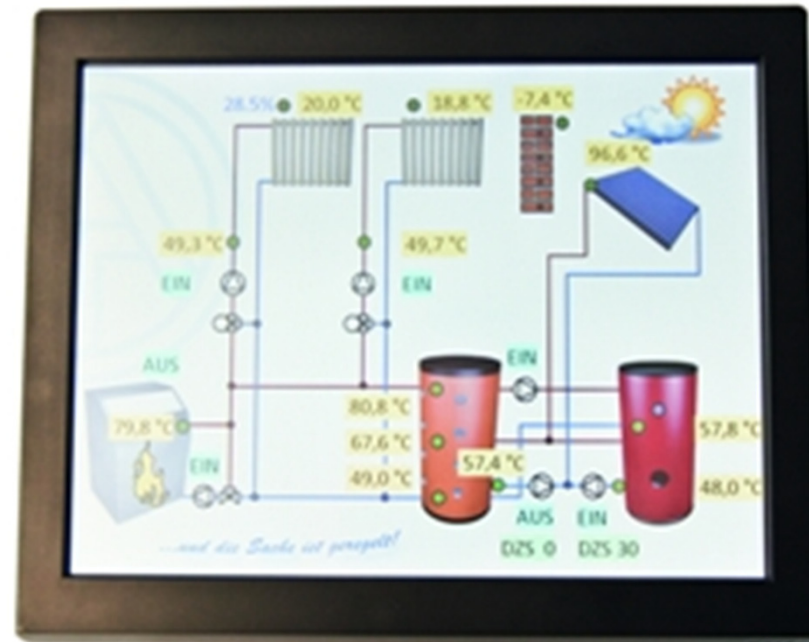
Die Regelungstechnik ist ein integraler Bestandteil der Systemtechnik!

Warum ist „keep it easy“ und „möglichst wenig“ heute nicht mehr das Gleiche? – **Früher--**

- Eine Anlage beinhaltete **viele** unterschiedliche Reglermodule, die in aller Regel nicht miteinander kommunizieren konnten und keinen „Master“ hatten
- Oder eine von einem **Crack** aufgebaute und programmierte Anlage („1-Mann-Kompetenz“)
- Bedienung oft sehr **kryptisch**
- Kaum Analysemöglichkeiten, **Fehler** blieben unentdeckt/konnten nicht behoben werden
- Besitzer oft **überfordert** durch fehlendes Fachwissen

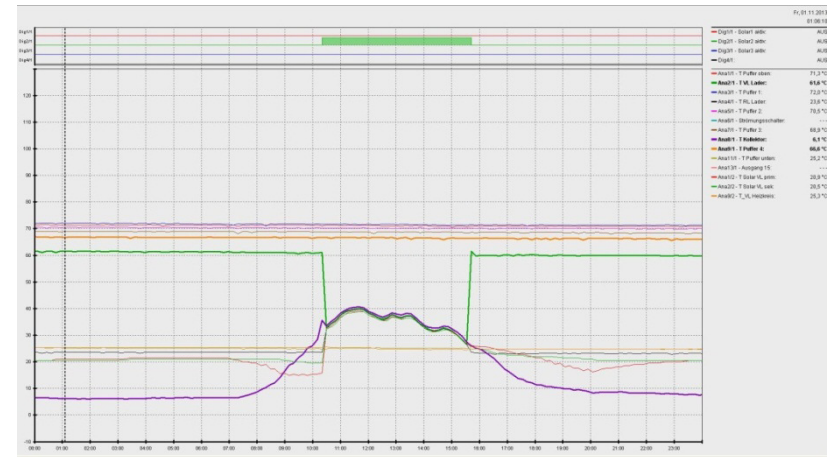
Warum ist „keep it easy“ und „möglichst wenig“ heute nicht mehr das gleiche? -- heute --

- Reglermodule einer **Familie** lassen sich heutzutage gut koppeln – Datenaustausch
- In Großanlagen bekannte Technik wurde auf kleineren Maßstab portiert und ist inzwischen **erschwinglich**
- Mehrere Hersteller für „frei“ **programmierbare** Regelungen und Systeme daraus sind inzwischen auf dem Markt etabliert
- Programmierung ist bei diesen Geräten kein Geheimnis, **Entwicklungsumgebung** ist zugänglich
- Die Bedienebene kann für den Anwender beliebig einfach gestaltet werden, egal wie komplex die Anlage ist. **Anzeige und Bedienung** über aktuelle elektronische Endgeräte (Tablet, PC, Smartphone etc) und Monitore



Warum ist „keep it easy“ und „möglichst wenig“ heute nicht mehr das gleiche? -- heute --

- **Analysemöglichkeiten** sind ausgereift, Optimierungen können nachträglich durchgeführt werden (Fernzugriff)



- **Modulare Erweiterbarkeit** bei Änderung oder Optimierung der Hausanlage ist in der Regel gegeben



Was kann moderne Regelungstechnik leisten?

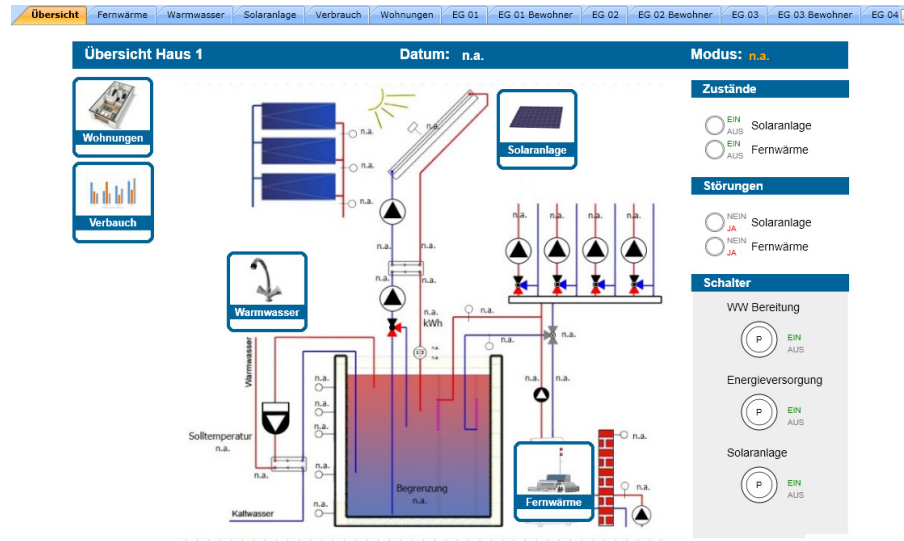
- **Integration** der gesamten Gebäudetechnik (auch Beschattung etc.) möglich
- **Transparenz** und Funktionskontrolle der Anlage durch **Analyse** und Optimierung des Systems im Betrieb, Anpassung an (neue) Nutzung
- **Energieflüsse** erfassen und darstellen (über Durchflussgeber oder WMZ)



- **Fernzugriff** zur Kontrolle, Steuerung und Fehlerbehebung
- **Meldungen** an den Nutzer ausgeben über Bedienoberfläche oder eMail etc. (Speicher leer, Nachheizung anfordern, Störung Brenner etc.)

Was kann moderne Regelungstechnik leisten?

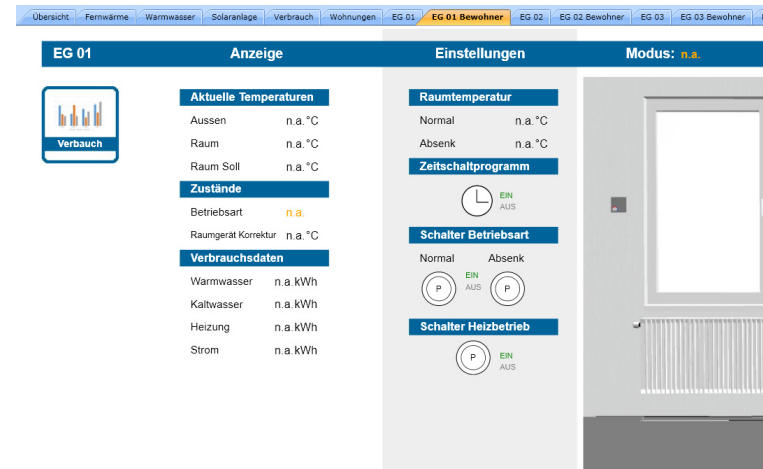
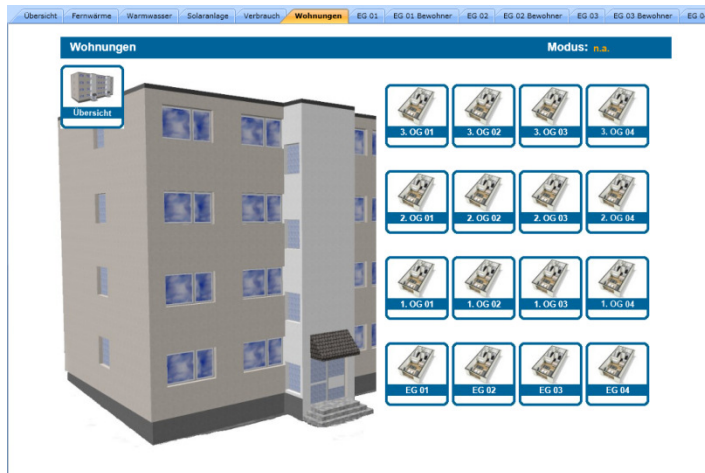
- Bereitstellung **komfortabler Bedienungsfläche** für den Nutzer
(Vorsicht mit der Datenmenge wegen Fehlbedienung, -interpretation etc.)



- **Effiziente Regelungsabläufe** können bearbeitet werden, ohne dass der Bewohner eingreifen muss, z.B. unterschiedliche Speicherlade-, Rückkühlungsstrategien, je nach Pufferladezustand, -system oder Jahreszeit.
- **Restwärmenutzung** z.B. von Scheitholzkesseln hebt Effizienz und ist einfach realisierbar

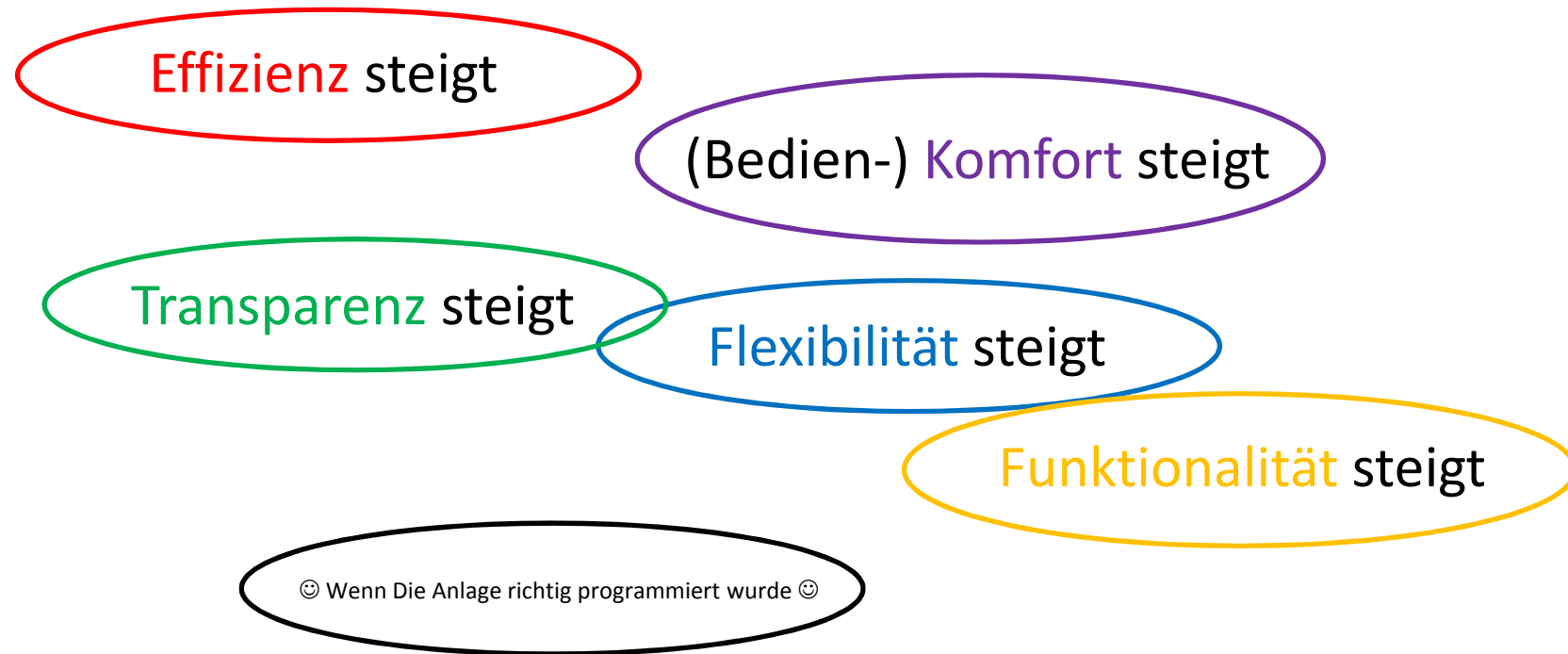
Was kann moderne Regelungstechnik leisten?

- Durch den Anschluss aller Raumthermostate und Heizkreise eines Hauses kann z.B. eine automatische **Optimierung** der Vorlauftemperatur/Heizkurve, oder im Sommer eine nächtliche Entwärmung einzelner Räume erfolgen.
- Komplette **Verbrauchsdatenerfassung** möglich z.B. für Mehrparteienhäuser. Ablesekosten können eingespart werden. Jeder Nutzer kann eigenen Verbrauch kontrollieren.



Was kann moderne Regelungstechnik leisten?

Summa summarum:



Die Vorteile einer solchen Anlage rechtfertigen m.E. den höheren Aufwand bei Planung und Umsetzung der Regelungstechnik.

Diese sind nur nutzbar, wenn die Anlage regelmäßige Pflege erfährt!

Was ist zu (in der Planung) berücksichtigen?

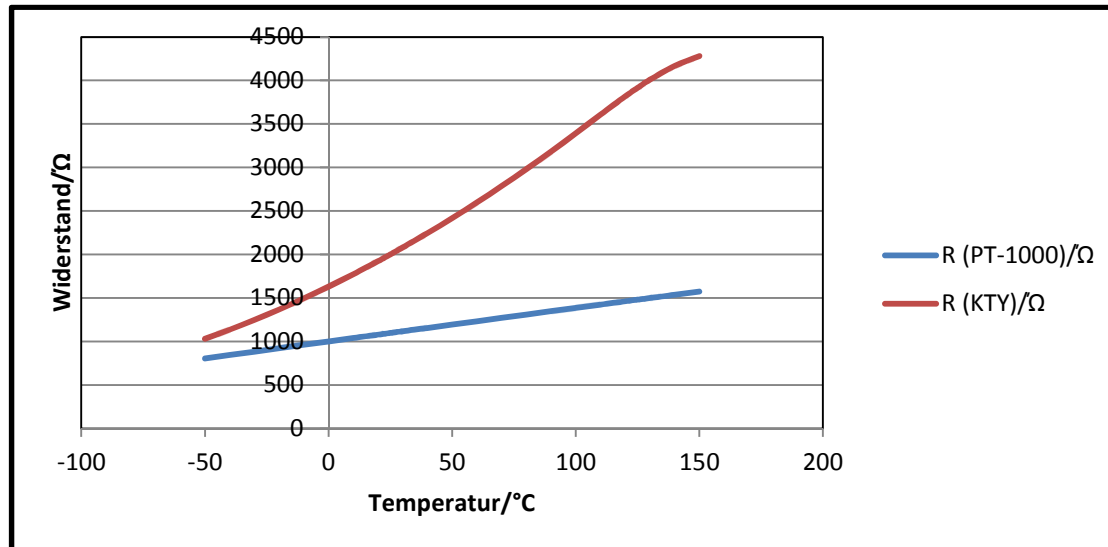
- Einbindung des **Regelungstechnikers** bereits in der Planungsphase – genießen Sie die „neue Freiheit“ in der hydraulischen Auslegung
- Hydraulik **flexibel** auslegen – einen Stutzen mehr am Puffer, oder 4 statt 3-Ebenen vorsehen. Die Einmalkosten sind relativ niedrig, der spätere Nutzen kann groß sein.
- Lieber ein paar Sensoren **mehr** vorsehen (z.B. Vor- und Rücklauf), auch wenn sie vorerst nicht benötigt werden... spätere Analysemöglichkeit!
- **Durchflusssensoren** wenn möglich für alle Wärmelieferanten/-verbraucher
→ Energieflüsse transparent machen
- Sensoren wenn möglich **direktfühlend** oder über Tauchhülsen einbauen.
Reaktionsgeschwindigkeit (kurze „Totzeit“) und Genauigkeit steigen deutlich an



Was ist zu (in der Planung) berücksichtigen?

- Wenn Rohrmontage notwendig, Schlauchschellen, Rollfedern o.ä. mit Wärmeleitpaste verwenden, keine Kabelbinder oder Klebeband
- Achtung bei Leitungslängen! Kupfer hat einen spezifischen Widerstand von $1,78 \cdot 10^{-2} \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$. d.h. 1m Kabel mit $0,5\text{mm}^2$ hat ca. $0,036 \Omega$ (30m Leitung= $2,1 \Omega$, das entspricht ca $0,5\text{K}$ Abweichung nach oben, zzgl Klemmstellen) PT1000-Sensoren haben lineare Widerstandkennlinie von $0,262 \text{ K}/\Omega$

R (PT-1000)/ Ω	R (KTY)/ Ω
803	1030
843	1135
882	1247
922	1367
961	1495
1000	1630
1039	1772
1078	1922
1097	2000
1117	2080
1155	2245
1194	2417
1232	2597
1271	2785
1309	2980
1347	3182
1385	3392
1423	3607
1461	3817
1480	3915
1498	4008
1536	4166
1573	4280



Was ist zu (in der Planung) berücksichtigen?

- Vorsicht bei der Verwendung von Netzkabeln (oft verkupfertes Aluminum als Leiter → Widerstand ist höher)
- Verlegung getrennt von spannungsführenden Leitungen (Störeinstrahlung)
- Bei längeren Leitungen (Sensor oder Bus) abgeschirmte Kabel verwenden

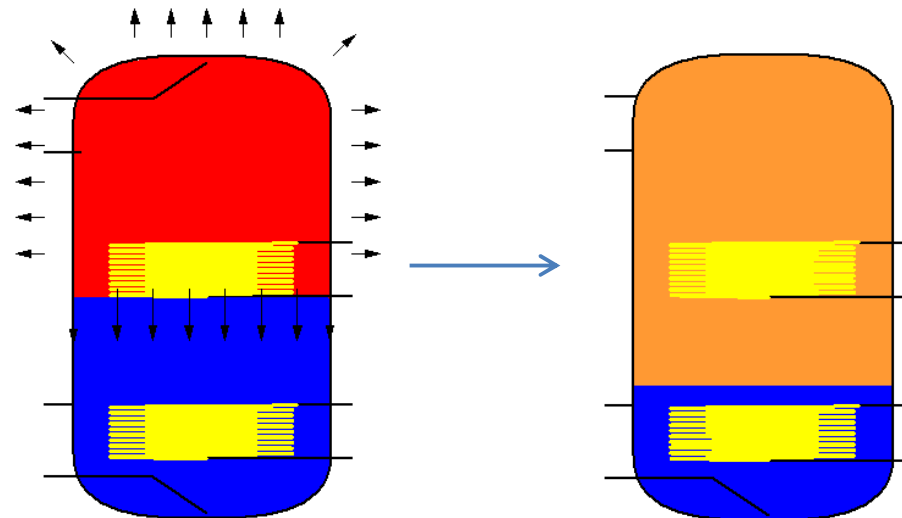
Pufferbewirtschaftung

Strategien für die jahreszeitliche Bewertung der Beladung

- Speicherbare Wärmemenge ist durch Volumen und dT beschränkt
- Speicher kann im **Sommer** mit niedrigeren Temperaturen betrieben werden (Wärme-Überangebot → Rückkühlung, Vermeidung der Gebäudeüberhitzung)
- **Ende Sommer** sollte max Temperatur angehoben werden. Schichtung muss höher bewertet werden (Speicher aufnahmebereit halten)
- Zeiten niedrigen Ertrags für **direkte** Einspeisung in die Heizung oder Bauteilaktivierung nutzen
- Im **Winter** sollte möglichst viel Wärme auf gerade nutzbarem Niveau geerntet werden, erst dann Anhebung des Temp.-Niveaus und Schichtung. „Unterkühlte“ Bereiche für sehr geringe oder hohe Solarleistung (Spreizung) reservieren
- **Frühjahr** ähnlich Winterbetrieb, allerdings höhere Spreizung möglich

Pufferbewirtschaftung

→ Speichermaterial und Isolierung haben starken (passiven) Einfluss auf Schichtungserhalt

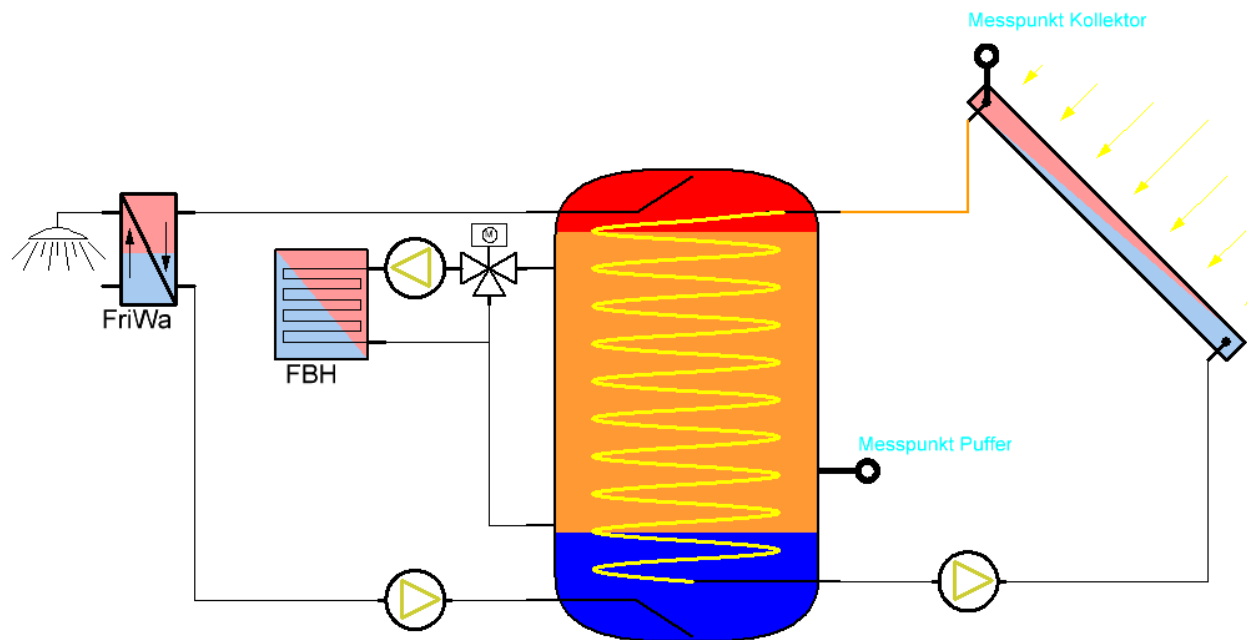


starker Wärmeabfluß bei kleinem Speicher bzw. „schlechter“ Isolierung an die Umgebung verschlechtert Schichtungsgradienten

→ Einen großen (aktiven) Einfluss haben aber auch die absolute und relative Positionierung von Sensoren und Wärmetauschern bzw. Anschlüssen im Puffer, bzw. die Länge der WT selbst. **80% der Schichtung erfolgt außerhalb des Puffers!**

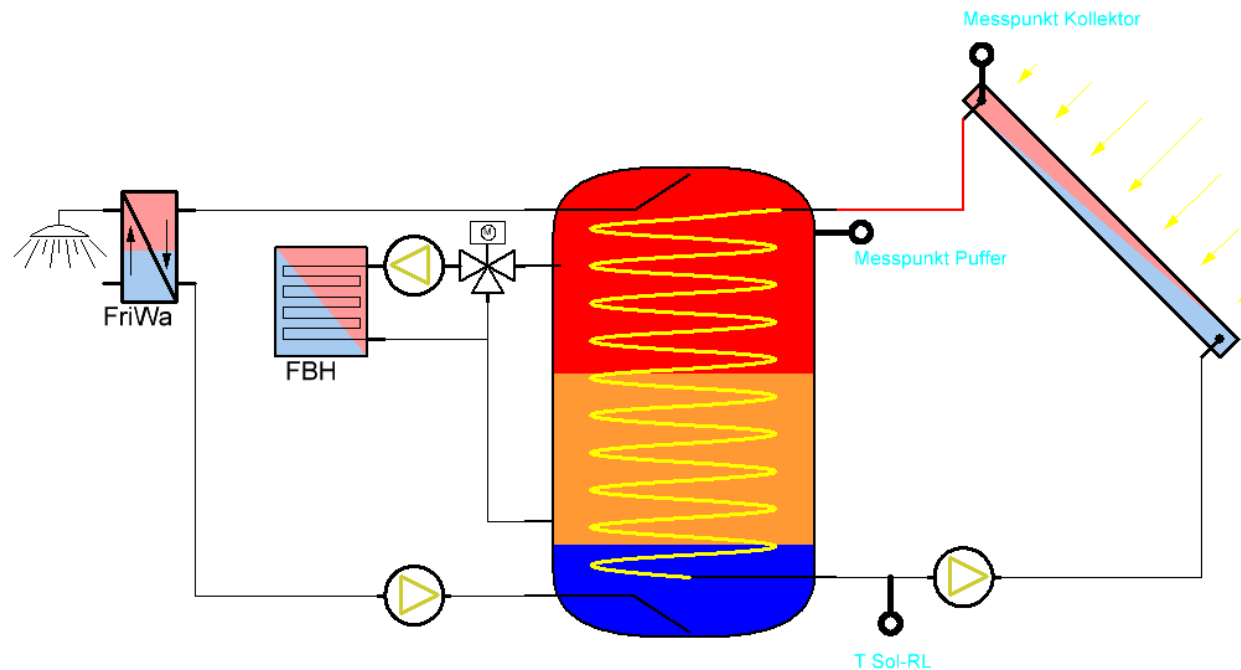
Pufferbewirtschaftung

Langer WT: Ist ein Sensor innerhalb einer Ladeschicht zu tief positioniert, werden höhere (heißere) Schichten bei der solaren Beladung „entwärmt“



Pufferbewirtschaftung

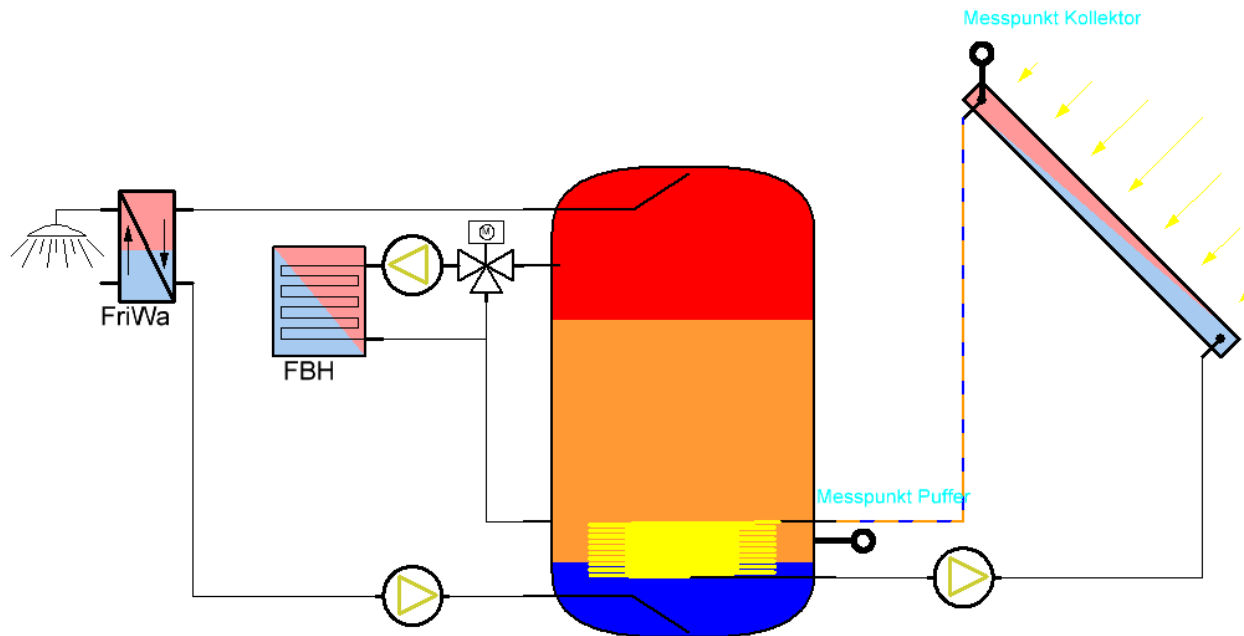
Langer WT: Ist ein Sensor innerhalb einer Ladeschicht zu hoch positioniert, wird die Temperatur der oberen Schicht zu stark bewertet $\rightarrow$ solare Deckung sinkt



Mögliche Betriebsarten: Differenzgeführt: dT Kollektor-RL Kollektor oder temperaturgeführt: Kollektor wird auf T_{Puffer} geregelt)

Pufferbewirtschaftung

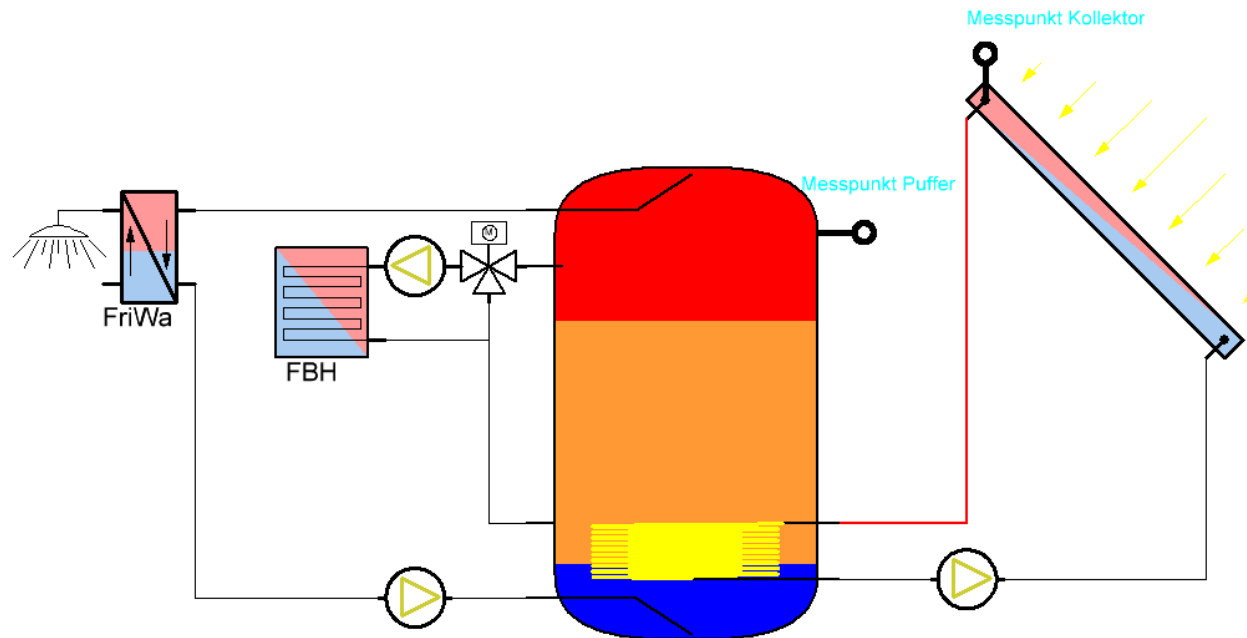
Kurzer WT: Diese Variante ist gut für hohe solare Nutzungsgrade und tiefe Kollektortemperaturen. Der Sensor auf WT-Höhe liefert brauchbare Werte
Aber → träges System!



Mögliche Betriebsarten: Differenzgeführt: dT Kollektor-Puffer

Pufferbewirtschaftung

Kurzer WT: Ist ein Sensor innerhalb einer Ladeschicht zu hoch positioniert, wird die Temperatur der oberen Schicht zu stark bewertet $\rightarrow$ solare Deckung sinkt, es tritt keine Schichtung ein wie bei einem langen WT



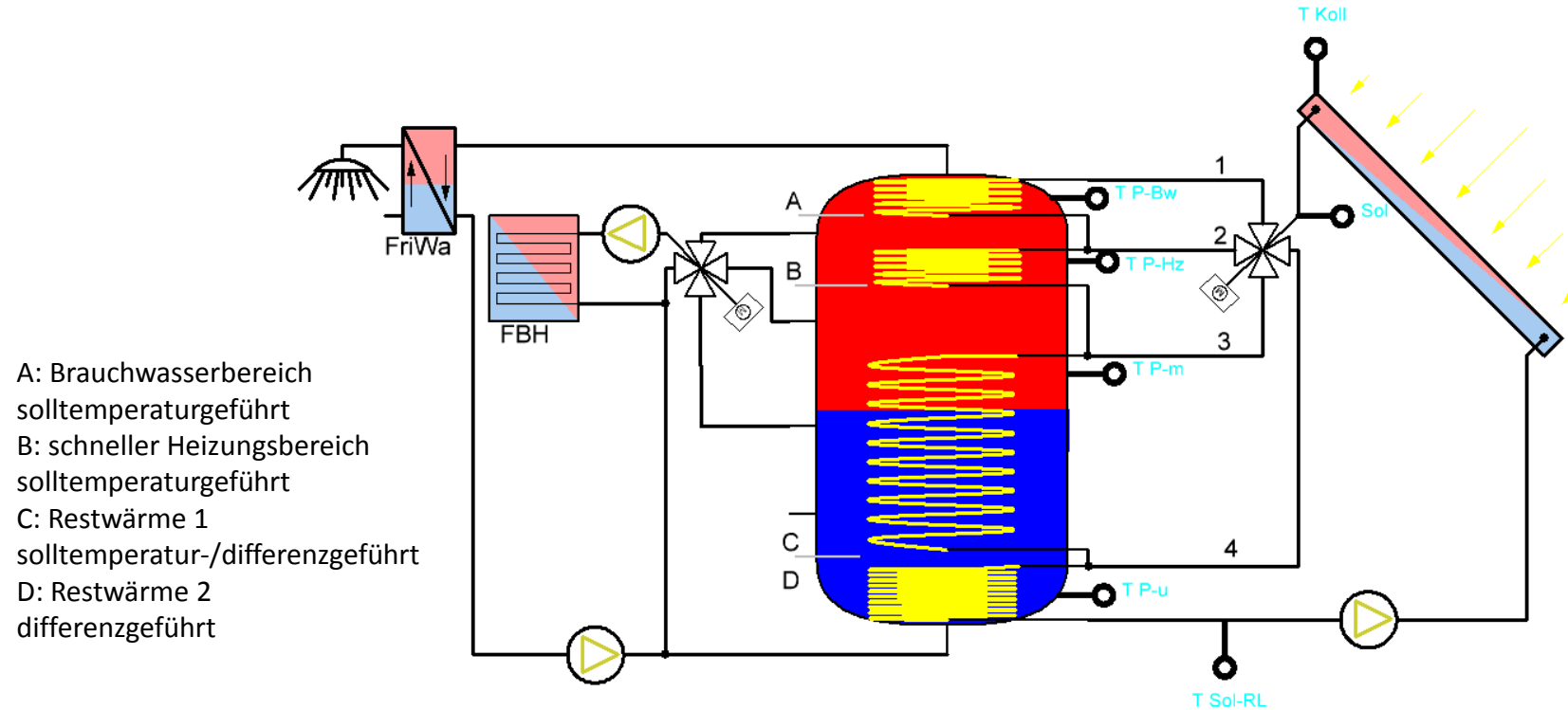
Pufferbewirtschaftung

Ergebnisse sind gleichermaßen gültig für Systeme mit innenliegenden WT oder mit PWT:

- Jede „Ladeschicht“ (Bw oder H_zg) sollte eine eigene Be- und Entladung haben! Wegen der stark unterschiedlichen Mindesttemperaturen sollten keine übergreifenden Be- /Entladezonen geschaffen werden
- Die Ladung sollte also mindestens auf 3, besser 4 Ebenen stattfinden:
 - Brauchwasser
 - Heizung (kleiner Bereich zur schnellen Beladung)
 - Restwärmespeicher1
 - Restwärmespeicher2
- Die oberen 2 Schichten sollten temperaturgeführt geladen werden, die unteren differenzgesteuert
- Idealerweise kann vom Solarkreis bei schwacher Leistung direkt in den Heizungskreis eingespeist werden (bei ext. PWT leicht umsetzbar)

Pufferbewirtschaftung

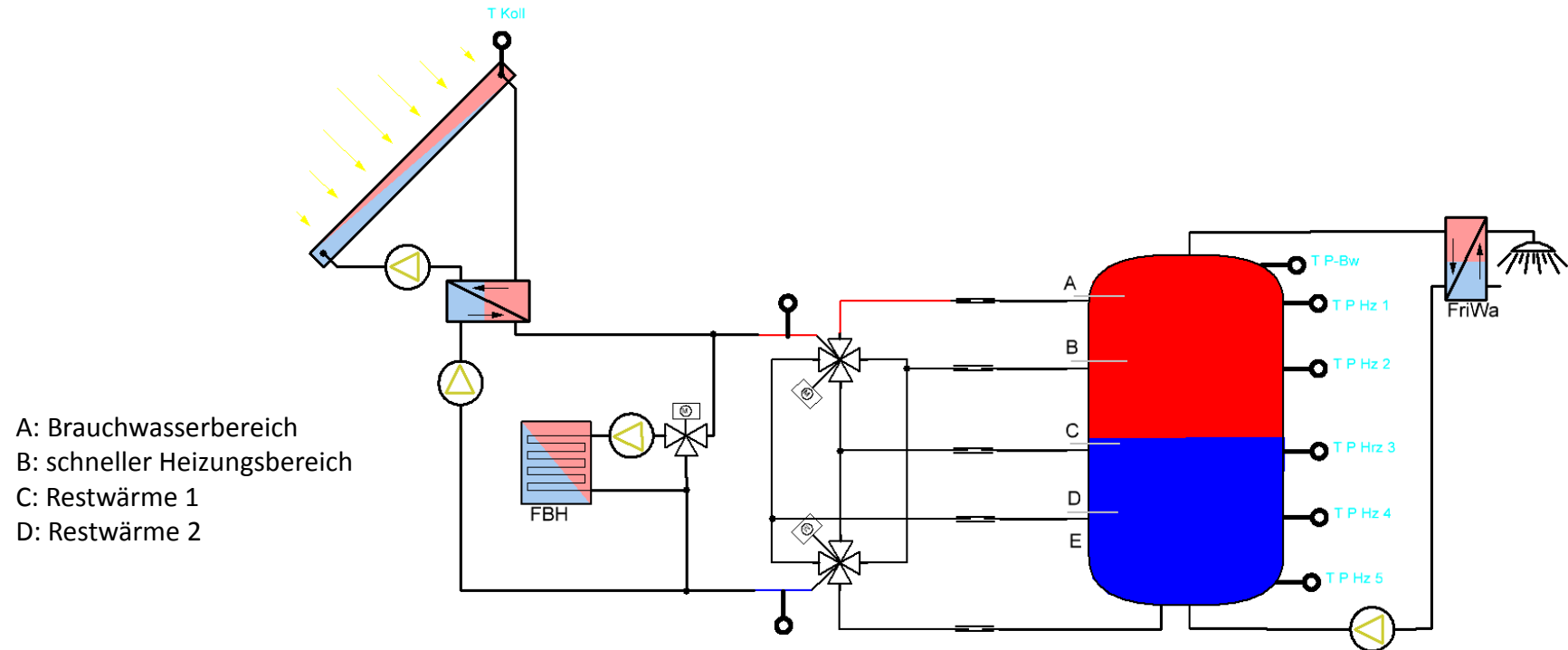
System mit Messpunkten unter den vorgenannten Kriterien:



- Reaktionsschnelles System für Brauchwasser und Heizung
- Volle Ausnutzung der solaren Leistung durch untere WT
- Hohe Spreizung

Pufferbewirtschaftung

System mit Messpunkten unter den vorgenannten Kriterien:



- Bereits extern kann eine Differenz aus Wärmebedarf und –Angebot gebildet werden
→ Weniger Strömung und Konvektion im Speicher → bessere Schichtung
- Bei sehr geringen solaren Leistungen kann direkt in das Heizungssystem eingespeist werden
- Die Spreizung kann Abhängig z.B. von der solaren Leistung geregelt werden

(freiwillige) Grenzen der Regelungstechnik

- Zugriffsmöglichkeiten der Bewohner müssen in aller Regel gegeben sein, z.B. „jetzt ist Sommer“ also Heizung aus (für den eigenen Bereich!)
- Anlagenvisualisierung muss für alle Nutzer verständlich sein, es ist also eine Reduzierung der max. möglichen Daten in der Visualisierung notwendig
- Einbeziehung von Wetterdaten sollte gut überlegt werden

Begriffsklärung

Steuerung:

Es besteht keine Rückmeldung der Auswirkung einer Änderung (z.B. Heizung ohne Raumfühler)

Regelung:

Hier spricht man vom Regelkreis (closed loop). Es gibt eine direkte oder indirekte Rückmeldung. Z.B. Heizung mit Raumfühler und dessen Bewertung

Totzeit:

Ist die Zeit zwischen Änderung und der Erfassung einer Größe durch einen Sensor. Je größer sie ist, desto instabiler wird eine Regelung

Sprungantwort:

Beschreibt das Verhalten eines Systems auf eine sprunghafte Änderung einer Eingangsgröße. Sie ist ein Maß für die Güte einer Regelung

2-Punkt-Regler: unstetiger Regler. Für Regelungen oft zu ungenau. Einsetzbar als Begrenzer. (Thermostat)

3-Punkt-Regler: unstetiger Regler. Verwendung z.B. bei 2-stufigen Brennern, Mischern oder einfachen Heiz-Kühlanwendungen

(P)(I)(D)-Regelung: stetiger Regler. Erlaubt sehr genaue und feine Regelvorgänge (z.B. Pumpendrehzahlen), muss i.d.Regel an das System angepasst werden (Inbetriebnahme!)