

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Zirkulationssystem (10) mit einer Kühlvorrichtung (12, 14) mit einem Eingangsport (12a, 14a) und einem Ausgangsport (12b, 14b) zur Kühlung von Wasser und mit einem Leitungssystem mit mehreren Strängen, welche eine oder mehrere Teilstrecken mit gegebener Wärme – Kopplung mit einer Umgebung aufweisen und mittels Knoten verbunden sind, wobei eine oder mehrere der Leitungen des Leitungssystems als Vorlaufleitung (4, 5, 6) ausgebildet sind, zumindest eine mit einer Entnahmestelle (9) verbundene Einzelzuleitung (7) und zumindest eine als Zirkulationsleitung (10a) ausgebildete Leitung mit der oder den Vorlaufleitungen (4, 5, 6) verbunden ist,

mit den Schritten

- Einstellen einer Wassertemperatur am Ausgangsport (12b, 14b) auf einen Wert T_a mittels der Kühlvorrichtung (12, 14)
- Einstellen eines Volumenstroms am Eingangsport (12a) auf einen Wert V_z

gekennzeichnet durch folgende Schritte

- Ermitteln, insbesondere Berechnen, einer Temperaturänderung des Wassers zwischen Anfangsbereich und Endbereich entsprechend einem Modell der axialen Temperaturänderung für die erste an den Ausgangsport (12b, 14b) angeschlossene Teilstrecke, ausgehend von einem Temperatur - Startwert T_{MA}^* $< T_{soll}$ und einem Volumenstrom - Startwert V_z^* ,
- Ermitteln, insbesondere Berechnen, einer Temperaturänderung des Wassers zwischen Anfangsbereich und Endbereich für jede weitere gegebene Teilstrecke entsprechend dem Modell der Temperaturänderung, unter der Randbedingung, dass die Wassertemperatur im Anfangsbereich der gegebenen Teilstrecke gleich der Wassertemperatur im Endbereich der Teilstrecke ist, an die die gegebene Teilstrecke angeschlossen ist und
- Wählen des Wertes T_a der Wassertemperatur und des Wertes V_z des Volumenstroms am Ausgangsport (12b, 14b), derart, dass im Endbereich jeder Teilstrecke die Wasser - Temperatur $T_{ME} < T_{soll}$ beträgt und sich am Eingangsport

(12a, 14b) die Wassertemperatur $T_b < T_{\text{soll}}$ mit $T_{\text{soll}} - T_b < \theta$ einstellt, wobei $\theta > 0$ ein vorgegebener Wert ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Werte T_a und V_z in einem iterativen Näherungsverfahren bestimmt werden, bei dem ausgehend von einem Temperatur - Startwert $T_{MA}^* < T_{\text{soll}}$ und einem Volumenstrom - Startwert V_z^* für die erste an den Ausgangsport (12b, 14b) angeschlossene Teilstrecke, für jede gegebene weitere Teilstrecke die Temperaturänderung des Wassers zwischen Anfangsbereich und Endbereich berechnet wird, unter der Randbedingung, dass die Wassertemperatur im Anfangsbereich der gegebenen Teilstrecke gleich der Wassertemperatur im Endbereich der Teilstrecke ist, an die die gegebene Teilstrecke angeschlossen ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilstrecken über die Länge zwischen ihrem Anfangsbereich und ihrem Endbereich hinsichtlich ihrer Wärme - Kopplung mit der Umgebung uniform ausgebildet sind.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass im Endbereich zumindest einer Teilstrecke mit der Länge L die Wasser - Temperatur T_{ME} mittels der Formel

$$T_{ME} = (T_{MA} - T_{\text{Luft}}) \cdot e^{-\varepsilon \cdot L} + T_{\text{Luft}}$$

$$\varepsilon = \frac{k_R}{m_M \cdot c_{p,m}} = \frac{k_R}{V_M \cdot \rho_M \cdot c_{p,m}}$$

bestimmt wird, wobei gilt

- L = Länge der uniformen Teilstrecke (T_{S1}) (m)
- T_{MA} = Wassertemperatur im Anfangsbereich ($^{\circ}\text{C}$)
- T_{ME} = Wassertemperatur im Endbereich ($^{\circ}\text{C}$)
- T_{Luft} = Temperatur Umgebungsluft ($^{\circ}\text{C}$)
- k_R = Wärmedurchgangskoeffizient der Rohrleitung ($\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$)
- m_M = Massenstrom des Wassers in der Teilstrecke (kg/s)
- $c_{p,m}$ = spez. Wärmekapazität des Wassers ($\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$)
- V_M = Volumenstrom des Wassers in der Teilstrecke (m^3/s)
- ρ_M = Dichte des Wassers (kg/m^3)

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmedurchgangskoeffizient der Teilstrecken nach der Formel

$$\frac{1}{k_R} = \frac{1}{d_i \cdot \alpha_i \cdot \pi} + \frac{1}{\Lambda_R} + \frac{1}{d_a \cdot \alpha_a \cdot \pi}$$

bestimmt ist, wobei

$1/k_R$ = Wärmedurchgangswiderstand Rohrleitung ($m \cdot K/W$)

α_i = Wärmeübergangskoeffizient innen ($W/(m^2 \cdot K)$)

$1/\Lambda_R$ = Wärmedurchlasswiderstand ($m \cdot K/W$)

α_a = Wärmeübergangskoeffizient außen ($W/(m^2 \cdot K)$)

d_a = Außendurchmesser (m)

d_i = Innendurchmesser (m)

und

$$\frac{1}{\Lambda_R} = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{1}{\lambda_r} \cdot \ln \frac{d_{aR}}{d_{iR}} + \frac{1}{\lambda_D} \cdot \ln \frac{d_{aD}}{d_{iD}} \right)$$

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in das Zirkulationssystem (10) eine Zirkulationspumpe (10b) integriert ist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Kühlvorrichtung (12, 14) zur Kühlung des zirkulierenden Wassers thermische Energie von dem zirkulierenden Wasser zu einem anderen Stoffstrom, vorzugsweise mittels eines Wärmeübertragers übertragen wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlvorrichtung (12, 14) thermisch an einen Kälteerzeuger, vorzugsweise eine Wärmepumpe, einen Kaltwassersatz oder ein Kälteversorgungsnetz gekoppelt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, gekennzeichnet, durch
- Ermitteln einer Verbrauchs - Kennlinie der Zirkulationspumpe (10b) in Abhängigkeit vom geförderten Volumenstrom der Zirkulationspumpe (10b)

- Ermitteln einer Verbrauchs - Kennlinie der Kühlvorrichtung (12, 14) in Abhängigkeit von einer Wassertemperatur am Ausgangsport (12b, 14b)
 - Einstellen eines Volumenstroms V_z und einer Wassertemperatur T_a am Ausgangsport (12b, 14b) so dass die Leistungsaufnahme von Zirkulationspumpe (10b) und Kühlvorrichtung (12, 14) einen relativen oder absoluten Minimalwert annimmt.
10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für die Temperatur T_{soll} ein Wert von $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ gewählt und für die Wassertemperatur T_a am Ausgangsport (12b, 14b) ein Wert von $15^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ gewählt wird.
11. Zirkulationssystem mit einer Kühlvorrichtung (12, 14) mit einem Eingangsport (12a, 14a) und einem Ausgangsport (12b, 14b) zur Kühlung von Wasser und mit einem Leitungssystem mit mehreren Strängen, welche eine oder mehrere Teilstrecken mit gegebener Wärme – Kopplung mit einer Umgebung aufweisen und mittels Knoten gekoppelt sind,
- wobei bei vorgegebener Aufteilung der aus den Knoten herauslaufenden Volumenströme eine Mischwassertemperatur der aus den Knoten herauslaufenden Volumenströme in Abhängigkeit von den in die Knoten einlaufenden Volumenströmen ermittelbar ist,
 - wobei eine oder mehrere der Leitungen des Leitungssystems als Vorlaufleitung (4, 5, 6) ausgebildet sind, zumindest eine mit einer Entnahmestelle (9) verbundene Einzelzuleitung (7) und zumindest eine als Zirkulationsleitung (10a) ausgebildete Leitung mit der oder den Vorlaufleitungen (4, 5, 6) verbunden ist,
- mit
- Mitteln zum Einstellen der Wassertemperatur am Ausgangsport (12b, 14b) auf einen Wert T_a mittels der Kühlvorrichtung (12, 14)
 - Mitteln zum Einstellen eines stationären Volumenstroms von zirkulierendem Wasser am Eingangsport (12a, 14a) auf einen Wert V_z

gekennzeichnet durch,

- Vorrichtungsmittel zum Ermitteln einer Temperaturänderung des Wassers zwischen Anfangsbereich und Endbereich jeder Teilstrecke unter der Randbedingung, dass die Wassertemperatur im Endbereich einer gegebenen Teilstrecke gleich der Wassertemperatur im Anfangsbereich der in Strömungsrichtung des zirkulierenden Wassers an die gegebene Teilstrecke angeschlossenen Teilstrecke gewählt ist und
 - Vorrichtungsmittel zum Wählen des Wertes T_a der Wassertemperatur und des Wertes V_z des Volumenstroms am Ausgangsport (12b, 14b), derart, dass im Endbereich jeder Teilstrecke die Wasser - Temperatur $T_{ME} < T_{soll}$ beträgt und sich am Eingangsport (12a, 14a) die Wassertemperatur $T_b < T_{soll}$ mit $T_{soll} - T_b < \theta$ einstellt, wobei $\theta > 0$ ein vorgegebener Wert ist.
12. Zirkulationssystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass Vorrichtungsmittel vorgesehen sind, um die Werte T_a und V_z in einem iterativen Näherungsverfahren zu bestimmen, bei dem ausgehend von einem Temperatur - Startwert $T_{MA}^* < T_{soll}$ und einem Volumenstrom - Startwert V_z^* für die erste an den Ausgangsport (12b) angeschlossene Teilstrecke, für jede gegebene Teilstrecke die Wasser - Temperatur T_{ME} in ihrem Endbereich berechnet wird, wobei die Wasser - Temperatur T_{MA}' im Anfangsbereich der nächsten angeschlossenen Teilstrecke gleich der Wasser - Temperatur T_{ME} im Endbereich der gegebenen Teilstrecke als gewählt ist.
13. Zirkulationssystem nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilstrecken über die Länge zwischen ihrem Anfangsbereich und ihrem Endbereich hinsichtlich ihrer Wärme - Kopplung mit der Umgebung uniform ausgebildet sind.
14. Zirkulationssystem nach Ansprüchen 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass in das Zirkulationssystem (10) eine Zirkulationspumpe (7) integriert ist.
15. Zirkulationssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Vorlaufleitung (4, 5, 6) mit mindestens einer Ringleitung (8) verbunden ist.
16. Zirkulationssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Leitung der Zirkulationsleitung (10a) von der mindestens eine Vorlaufleitung (4, 5, 6) abgeht.

17. Zirkulationssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Leitung der mindestens eine Zirkulationsleitung (10a) von der mindestens eine Ringleitung (8) abgeht.
18. Zirkulationssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Vorlaufleitung (4, 5, 6) mindestens eine Steigleitung (5) und/oder eine Stockwerksleitung (6) umfasst.
19. Zirkulationssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Vorlaufleitung (4, 5, 6) eine Sammelzuleitung (4) umfasst, die mit einem Anschluss (1) an ein Wasserversorgungsnetz verbunden ist.
20. Zirkulationssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Anschluss (1) mit mindestens einer Anschlussleitung (2) und/oder mindestens einer Verbrauchsleitung (3) verbunden ist.
21. Zirkulationssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in der mindestens eine Vorlaufleitung (4, 5, 6) und/oder der mindestens eine Ringleitung (8) mindestens ein statischer oder dynamischer Strömungsteiler (8a) angeordnet ist.
22. Zirkulationssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Kühlvorrichtung (12, 14) thermische Energie von dem zirkulierenden Wasser zu einem anderen Stoffstrom, vorzugsweise mittels eines Wärmeüberträgers übertragen wird.
23. Zirkulationssystem nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlvorrichtung (12, 14) thermisch an einen Kälteerzeuger, vorzugsweise eine Wärmepumpe, einen Kaltwassersatz oder ein Kälteversorgungsnetz gekoppelt ist.
24. Zirkulationssystem nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Teilstrecke des Leitungssystem als Außen - Zirkulationsleitung ausgebildet ist.
25. Zirkulationssystem nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Teilstrecke als Inliner - Zirkulationsleitung ausgebildet ist.

26. Zirkulationssystem nach einem der Ansprüche 11 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlvorrichtung (12) mit ihrem Ausgangsport (12b) an eine Vorlaufleitung (4a) und mit ihrem Eingangsport (12a) an eine vertikale Zirkulationsleitung angeschlossen ist.
27. Zirkulationssystem nach einem der Ansprüche 11 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlvorrichtung (14) in eine Steigleitung (5) und/oder eine Stockwerksleitung (6) integriert ist.