



Hôpitaux de Lyon



## *4. Schweizerische Fachtagung über die Sterilisation: Umweltschutz und Sterilisation*



# Kosteneinsparungen in der Sterilisation: Wasser oder Elektrizität?

Dr. Dominique GOULLET  
Hôpital Edouard Herriot  
Lyon - Frankreich



# Wasserdampfsterilisatoren verbrauchen viel Wasser



## □ Wasserverbrauch Dampferzeuger:

(Osmosewasser): **25 L** für einen Sterilisator mit 8 Körben. Kondensat-Recycling (Abflussventile).

## □ Wasserverbrauch Vakuumsystem

(Rohwasser oder teilweise enthärtet): Sterilisator mit 8 Körben :

- Vakuum per Wasserringpumpe: **260L bis 300 L**
- Vakuum per Venturi-Wirkung: **300 L**

***Die Vakuum-Qualität ist für eine „gute Sterilisation“ unerlässlich***



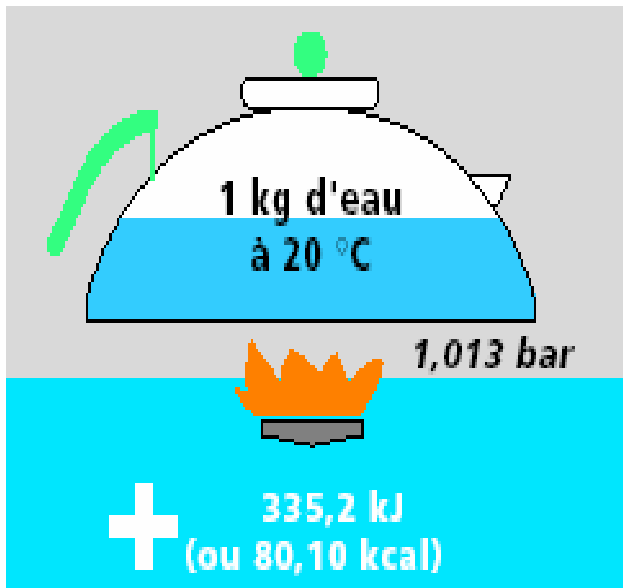
# Ein Wasserdampfsterilisator ist und wird immer ein grosser Energieverbraucher bleiben



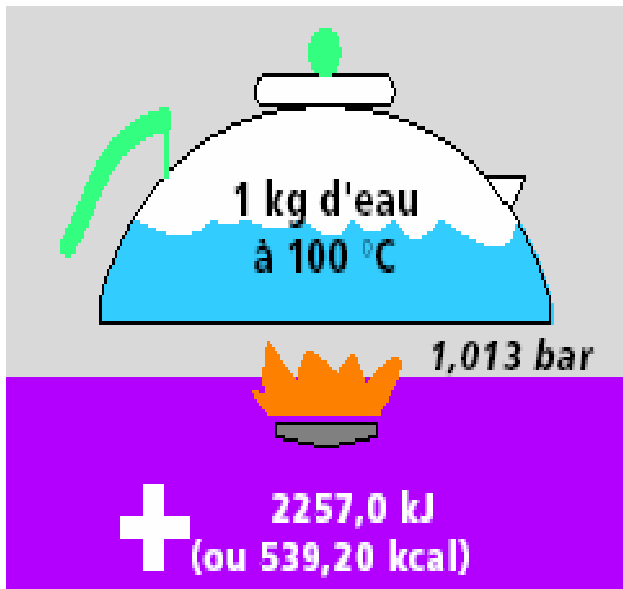
- Um Wasser in Dampf zu verwandeln braucht es **539 kcal/kg**: diese Energie kann aus Dampf + Wärmetauscher oder Elektrizität stammen
- **Vakuumsystem**: ebenfalls ein grosser Energieverbraucher
  - Wasserringpumpe: **1,3 kWh** pro Zyklus
  - System mit Venturi-Effekt, kein Stromverbrauch aber höherer Wasserverbrauch als bei Wasserringpumpe
- Sterilisator mit 8 Körben, voll elektrisch:
  - mit Wasserringpumpe: Stromverbrauch: **12 - 17 kWh pro Zyklus**
  - mit Venturi-System: **20 kWh**

***Jeweilige Kosten: zwischen 1,04 € à 1,60 €***

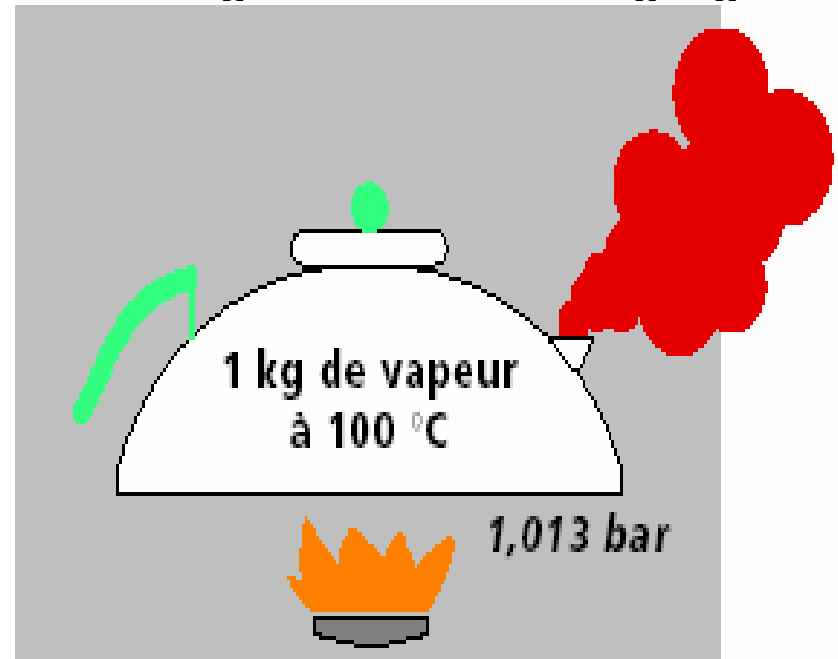
(kWh-Kosten im Hôpitaux de Lyon : 0,08 € TTC).



=



=



*Latente Wärme führt zu einem Phasenübergang ohne Temperaturänderung*

**Dampf enthält  
7 Mal mehr Kalorien  
als kochendes Wasser**

*Sensible Wärme ist Energie, die zu einer Temperaturänderung ohne Phasenübergang führt*



# Wie spart man Wasser?



- Ideal: Recycling des gesamten Abwassers für die Erzeugung des Vakuums, ungeachtet des Systems
- Physikalische Gesetze sind unveränderbar und universell
- Für Vakuum guter Qualität → Wassertemperatur < 20°C bis 30°C
- Die Spannung von Wasserdampf bei 10°C liegt bei 13mbar, bei 20+°C bei 23mbar, bei 40°C bei 74mbar, bei 60°C bei 199mbar ...

***Wasser mit Dampfkontakt kann nicht oder nur geringfügig wiederverwendet werden (30% bei modernen Sterilisatoren)***

- Vor 25 Jahren verbrauchte ein Sterilisator mit 8 Körben pro Zyklus 450 bis 600L statt wie heute 250 bis 300 L



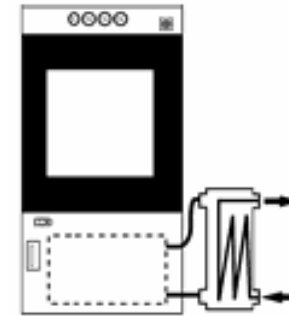
# Wie spart man Strom?



- Weniger spektakuläre Einsparungen da unveränderbare Grundlage
- Mögliche Einsparungen gründen auf drei miteinander verbundenen Punkten:  
Dampfreserve/Isolation des Generatorsystems, Leistung/Rendite der „Heizschlangen“ und ihr Versorgungssystem:
  - **Heizwiderstände** («Heizschlangen») sehr reaktiv, gute Leistung, effizient, funktionierend abwechselnd je nach Bedarf
  - **Geringere Dampfreserve im Generator** (Generatoren mit kleinen Kapazitäten, Lagerung mit leicht höherem Druck als in der Kammer), grössere Reserve in Wasserkammer
  - **Bessere Isolation des Generators, der Kammer und der Kanalisationen**

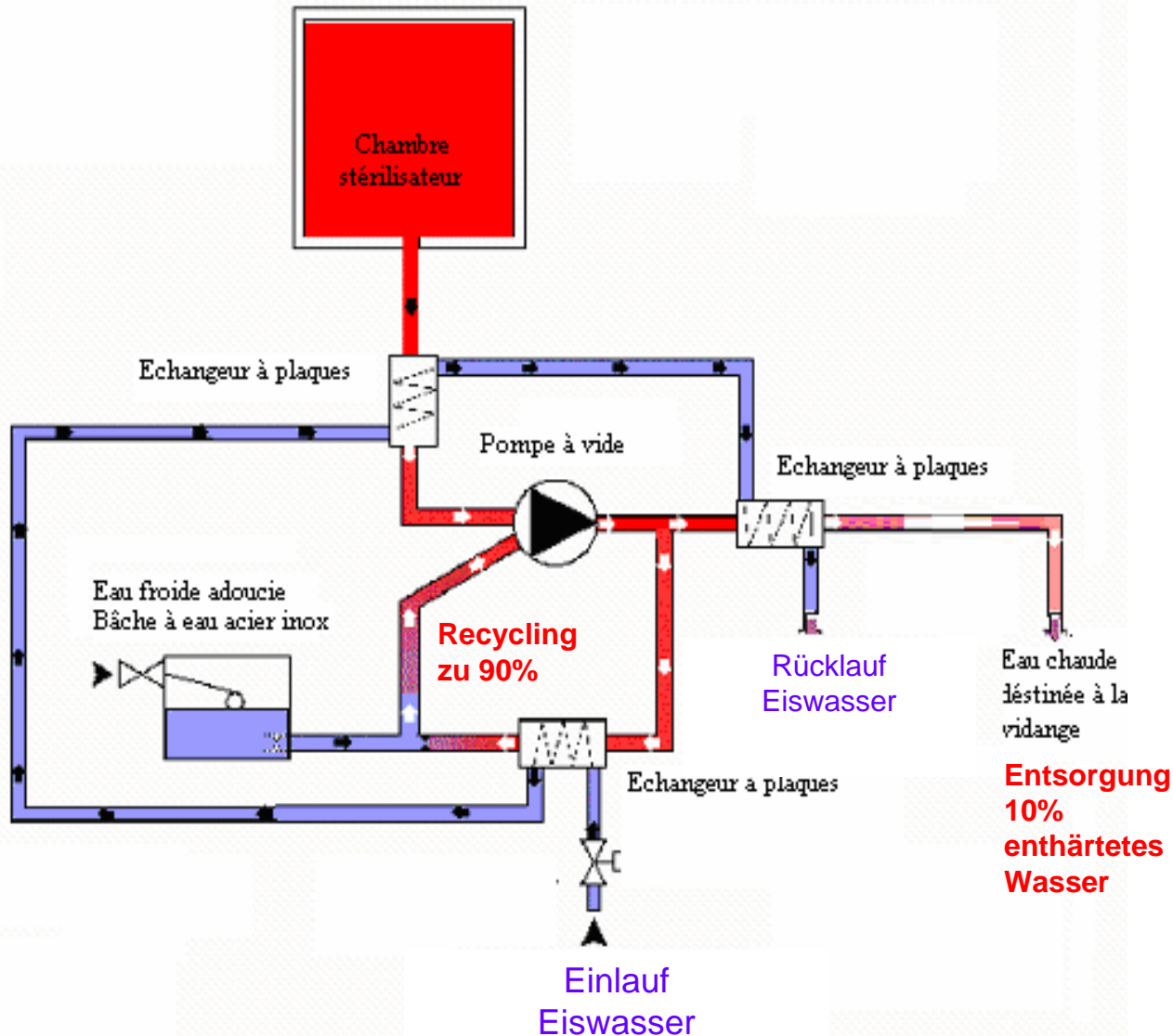
# Wassersparsysteme

- **Prinzip:** sehr einfach: abgekühltes Wasser dank Sterilisator mit an einen autonomen Generator oder an das „Eiswassernetz“ des Spitals angeschlossenem Wärmetauscher
- **Realer Wasserverbrauch** für Vakuum-Erzeugung: theoretisch Null; praktisch **5 bis 10 L/Zyklus**





# Funktionsschema







# Stromverbrauch und Kosten der Wassersparsysteme



- Für Konsum von 1 kWh : **Überdimensionierung = 1kW**
  - Kosten Ausrüstung : 1000 € TTC/kW
  - Lebensdauer: maximal 12 bis 20 Jahre
  - Jährliche Wartungskosten: circa 15 € TTC/kW pro Jahr
- **Kosten Stromverbrauch für Erzeugung 1 kWh =  $1/2,5 \times 8 = 3,2 \text{ c€TTC}$**  (2,5 = Leistungskoeffizient der Ausrüstungen für Kälteproduktion und -transport - COP = 2,5 bedeutet, dass für die Gewinnung von 1kWh thermisch 0,4 kWh elektrisch verbraucht werden).

## Für Extraktion 1 kWh:

- => **Kosten Überdimensionierung = 1000 € TTC**
  - **Amortisation über 20 Jahre** : Mehrkosten = **50 € TTC / Jahr.**
  - **über 12 Jahre = 83 € pro Jahr.**
- Mehrkosten für **jährliche Wartung** des Produktionssystems als Gewährleistung der Abkühlung eines Autoklavs = **15 € TTC / Jahr.**
- Stromverbrauch: **3,2 c€/Zyklus**



# Selbstkostenpreis Wassersparsysteme



	Hersteller A	Hersteller B + Hersteller D	Hersteller C
<b>Wasser + Strom ohne Wärmetauscher</b>	<b>5 830 €/J</b>	<b>5 145 €/J</b>	<b>6825 €/J</b>
Wasser + Strom mit Wärmetauscher	4 308 €/J	3 675 €/J	5595 €/J
Abschreibung Wärmetauscher	456 €/J	200 €/J	120 €/J
Abschreibung Ausabu Produktionszentrale Eiswasser oder autonomer Generator	20 Jahre: 100 € 12 Jahre: 166 €	20 Jahre: 250 € 12 Jahre: 416 €	20 Jahre: 450 € 12 Jahre: 750 €
Wartung	30 €	75 €	Keine Auskunft
<b>Total jährliche Kosten für Wassersparsystem</b>	<b>4 867 € - 4 933 €</b>	<b>4 200 € - 4 366 €</b>	<b>&gt; 6165 € - &gt; 6465 €</b>



# Wirtschaftlichkeit



- → Konsumgüterverbrauch Wasser/Strom: **Wassersparsystem günstiger**
- → **Dieser Vorteil wird durch Abschreibung des Wärmetauschers** sowie die für die Herstellung und den Transport des Eiswassers **geschmälert**
- Abschreibung über 20 Jahre für die Zentrale gerechtfertigt

**Dennoch bleibt die Variante mit dem Wärmetauscher eindeutig günstiger, sogar für den Hersteller C, der mit oder ohne Wassersparsystem eindeutig höhere Betriebskosten aufweist als alle anderen Hersteller.**



# Leistung der Sterilisatoren



- Je kälter das Wasser desto besser das Vakuum
- **Das Wassersparsystem ist eindeutig vorteilhafter**, da es im Winter wie im Sommer eine konstante Vakuumqualität garantiert, was sich je nach geografischer Lage als sehr wichtig erweisen kann.
-



## Soll man lieber Wasser oder Strom verbrauchen?



# Einleitende Überlegungen



## Wasserspeisung = Stromverbrauch

- **Wasser:** Verfügbarkeit mit 3 bis 4 bar (~30 bis 40 m Wassersäule (mWS))
- aus 30 m Tiefe gepumpt = 10 Meter Wassersäule
- Transport über mehrere Kilometer: Druckverlust ~1bar = 10 mWS
- Wasser muss auf 80 mWS (8 bar) «gedrückt» werden → entsprechende benötigte Wasserkraft:  $80 \text{ m} \times 10.000 \text{ N/m}^3 = 8.10^5 \text{ Joule/m}^3$  (1kW.h =  $3,6.10^6 \text{ Joule}$ )
- Leistung Elektropumpen ~ 45%
- **Es bedarf deshalb rund 0.5 kWh/m<sup>3</sup> Strom.**

**Ein Wasserverbrauch von 250 L Trinkwasser führt zu einem Stromverbrauch von rund 0,1258 kWh, für das Abkühlen von Wasser ist der Energieverbrauch jedoch entschieden höher**



# Auswirkungen auf die Umwelt



Gibt es  
Unterschiede  
zwischen Strom-  
und Wassernetzen?





# Wäre Gas vorteilhafter?



- Bei Dampferzeugung mittels Gasöfen: ist der Vergleich noch komplizierter. Verschiedene Elemente einer Analyse:
  - Leistung Gasöfen und Dampfnetz ~ 90%,
  - Kosten für kWh **Gas**: ~ 4 c€
  - Aber hohe Investitionskosten sowie nicht zu vernachlässigende Wartungs- und Nutzungszwänge





# Fragen an betroffene Gremien



**Es war nicht möglich, sich an Fachgremien für Wasser oder Strom zu wenden, da die geforderten Kompetenzen a priori keine Gemeinsamkeiten aufweisen**

→ befragte Umweltschutzorganisationen

- La France en action
- Ministère de l'écologie, du développement et de l'Aménagement Durables (Umweltministerium)
- Greenpeace
- Die Grünen
- Fondation Nicolas Hulot (Stiftung)
- Génération écologie
- Mouvement Ecologiste Indépendant d' Antoine Wechter
- C.I. Eaux
- WWF



# Wenige Antworten



- **Greenpeace**: Die Frage betreffe nicht ihre globalen Herausforderungen, Übermittlung von Web-Adressen
- **Umweltministerium** schickte uns zur Agentur für Umwelt und Kontrolle des Energieverbrauchs (die nicht antwortete). Eine Verantwortliche des Wasserausschusses sagte am Telefon, dass es keine Antwort gibt aber dass Wasser in diesem Zusammenhang als vollständig erneuerbare Energie betrachtet werden muss.
- Herr J.F. Perard, der Organisation «**La France en action**» übermittelte uns andere Organisationen wie den WWF.



# Wasser und Strom = erneuerbare Energien?



## Wasser:

- Wasser ist eine erneuerbare Energie
- Das für Sterilisationen verwendete Wasser wird nicht verbraucht und fließt in den Wasserkreislauf zurück.



# Strom = erneuerbare Energie?



## Strom

- Elektrizität = hoher Verbrauch nicht erneuerbarer Energien
- Kernenergie: muss einzeln berücksichtigt werden; eine Organisation fragte, aus welcher Energiequelle die Region Lyon in erster Linie gespeist wird: Kernenergie, ja oder nein, weil davon die Antwort abhängt (????)
- Der Anteil Kernenergie schwankt von Land zu Land:
  - Frankreich: 78,5 %
  - Belgien: 55,6 %
  - Schweiz: 32,1 %
  - Deutschland: 31,1 %
  - UK: 19,9 %
  - Spanien: 19,6 %
  - Italien: 0 %

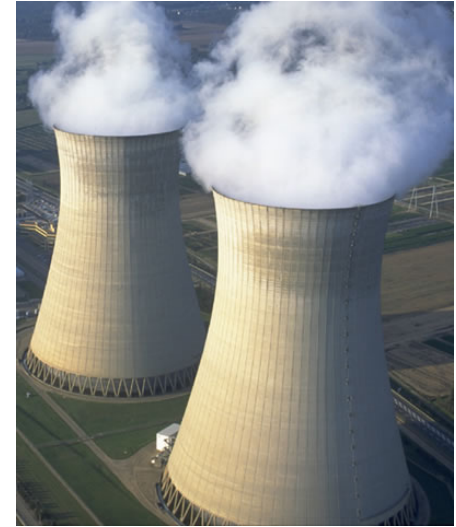


# Weitere Überlegungen: Stromleistung und Treibhauseffekt

- Für den Verbrauch von 1kWh Strom werden benötigt:
  - 0,2 bis 0,3 kWh für den Transport bis zum Verbraucher (Netzverluste)
  - rund 3,6 kWh für die Erzeugung
  - d.h. insgesamt rund 4kWh fossile Brennstoffe, Kernenergie oder Biomasse
- Eindeutig bessere Produktionsleistung bei **Wind- oder Wasserkraft**
- Kernenergie hat fast keinen Treibhauseffekt produziert aber radioaktive Abfälle.



# Ökologische Gretchenfrage





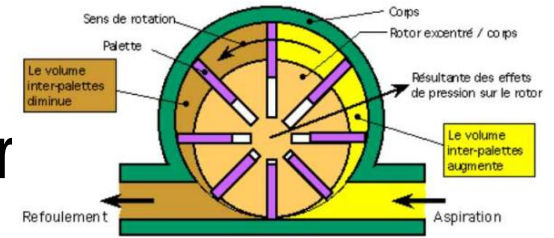
# Wo leben Sie?





# Und wie wäre es mit einer Vakuumpumpe ohne Wasserverbrauch?

- Sterilisator **AQUAZERO CISA**
- Flügelpumpe mit Öl  
(Vakuum erreicht bei ~1 mbar)



Um Mayonnaise zu vermeiden:

- Hochdrucköl bei 134°C
- Wiederverdampfung der Tröpfchen in Luft, um jeglichen Kontakt von Öl mit Wasser oder Dampf zu vermeiden



Wärmetauscher für den Dampferzeuger in osmosewasserdichtem Reservoir montiert





# Wirtschaftliche Vorteile



	Herkömmll. Sterilisator	Sterilisator + Wassersparsystem	Sterilisator AQUAZERO
<i>Zyklusdauer</i>	<b>70 min</b>		<b>50 min</b>
<i>Stromverbrauch</i>	<b>14,5 kW</b>		<b>8,2 kW</b>
<i>Verbrauch enth. Wasser</i>	<b>225 L</b>		<b>0 L</b>
<i>Energieverlust</i>	<b>2500 W</b>		<b>1980 W</b>
<i>Stromkosten / Zyklus</i>			<b>0,656 €</b>
<i>Wasserkosten / Zyklus</i>			<b>0,58 €</b>
<i>Jährl. Kosten Strom + Wasser</i>	<b>6 486 €</b>	<b>&gt; 4 443 €- &gt; 4 535 €</b>	<b>3 708 €</b>



- **Ökologischer Aspekt**

Zwei komplementäre Fragen, die sich Hersteller und Anwender von Autoklaven stellen sollten:

- Arbeiten Sie in einem Land oder einer Region mit einem Risiko bezüglich Wassermangel bzw. -einschränkungen?
- Haben oder könnten Sie ein Problem mit der Stromversorgung haben?

- Beim Bau der ZSVA der Hospices Civils de Lyon wurden beide Fragen mit Nein beantwortet.
- Rein wirtschaftlich gesehen spricht alles eindeutig für Wassersparsysteme. Da mit diesen Systemen jedoch noch keine Erfahrungswerte gesammelt werden konnten, die Daten nicht vollumfänglich zur Verfügung standen und angesichts der Tragweite einer solchen Entscheidung wagten sich die Hôpitaux de Lyon nicht an ein solches Abenteuer heran.



# Zukunftsmusik???

- Noch keinerlei Erfahrungswerte für solch neuartige Systeme





## Danksagungen an:



- Emmanuel RICHARD, Ingenieur,  
Hôpitaux de Lyon
- Olivier BERTOLINI, Ingenieur,  
Getinge France

für die wertvolle Zusammenarbeit



THE END