



Rapport technique

Dipl.-Wirtschaftsing. (FH), Dipl.-Informationswirt (FH)
Markus Tuffner, Bosch Industriekessel GmbH



BOSCH

Des technologies pour la vie

Traitement et analyse d'eau modernes

Les constituants peuvent entraîner des difficultés pour toutes les applications dans lesquelles l'eau est portée à une température élevée. Les causes de dommage les plus fréquentes dans l'exploitation des chaudières sont celles dues à un traitement et une analyse d'eau insuffisants.

La bûche alimentaire, la chaudière ou le réseau de condensat peuvent être endommagés par des éléments corrosifs présents dans l'eau d'alimentation ou le condensat. Ces dommages sont causés principalement par l'oxygène ou la corrosion due au gaz carbonique. En outre, certains constituants de l'eau conduisent à des formations de dépôts involontaires. Le dépôt le plus connu est ici le tartre. Si la formation du tartre n'est pas reconnue à temps, l'entrave au transfert de chaleur conduit à une baisse de rendement. Si l'épaisseur du tartre augmente, cela peut conduire à une surchauffe des surfaces de chauffage et, par conséquent, à des dommages voire même l'explosion de chaudières. Il survient aussi souvent des problèmes dans des processus montés en amont par le moussage et l'entraînement d'eau (primage) d'eau de chaudière insuffisamment traitée. Outre l'aggravation de la qualité de l'eau, cela a aussi des effets dramatiques sur la longévité des éléments, robinetteries, conduites montés en amont et des consommateurs raccordés.

C'est la raison pour laquelle, le législateur a promulgué un recueil de normes qui exige le respect de qualités d'eau exactement définies. La norme DIN EN 1295310 définit l'aspect, la conductivité, la valeur pH, la dureté totale, l'alcalinité, le fer, le cuivre, l'acide silicique, l'huile/graisse, le phosphate et la concentration d'oxygène. De plus, l'eau doit être libre de substances organiques.

On prendra des mesures de traitement d'eau différentes en fonction de la puissance et de la taille de l'installation de chaudière. L'eau brute utilisée est mise à disposition normalement par des fournisseurs communaux et traitée, entre autres, par les procédés suivants pour être utilisée dans les chaudières.

Adoucissement ou déminéralisation

Les procédés les plus souvent utilisés sont l'adoucissement au moyen d'un échangeur d'ions et la déminéralisation au moyen de l'osmose inversée.

Pour les installations plus petites ou des taux de reflux de condensat élevés, on utilise souvent un adoucissement meilleur marché. Ce processus consiste à échanger les agents de dureté de l'eau (principalement: les ions Ca et Mg) contre des ions de sodium. La teneur en sel de l'eau reste quasi constante pour ce processus. Les échangeurs d'ions sont régénérés avec une solution saline (NaCl).

L'osmose inversée est un procédé plus coûteux et est donc utilisée principalement pour des installations à taux d'eau fraîche élevés ou si, pour d'autres raisons (par ex. qualité de vapeur), on a besoin d'eau de chaudière avec une faible conductivité. Dans ce procédé, on utilise des membranes perméables d'un côté qui fonctionnent comme un filtre dans le domaine moléculaire. Si une solution aqueuse est pressée contre une telle membrane avec une pression élevée (supérieure à la pression osmotique), la part principale des sels et autres matières est filtrée et de l'eau pure sort à

travers la membrane. Selon la taille, il est nécessaire pour l'osmose de procéder à un adoucissement en amont ou en aval.

L'adoucissement en amont est réalisé comme l'adoucissement susdésigné et est utilisé plutôt pour des capacités moindres. S'il faut déminéraliser de grandes quantités d'eau par osmose, on ajoute des produits chimiques, en fonction de la quantité, avant l'entrée dans l'osmose, afin d'empêcher un blocage des modules d'osmose par les agents de dureté. En amont de l'osmose a lieu un post-adoucissement qui élimine les alcalino-terreux restants (ions Ca et Mg).

La déminéralisation dite partielle, un procédé entre l'adoucissement et l'osmose, connue également sous le terme de décarbonisation, passe de plus en plus au deuxième plan à côté des deux procédés nommés en premier. Le procédé fonctionne comme l'adoucissement selon le procédé d'échange d'ions. L'équilibre calcaire / acide carbonique est déplacé par l'ajout d'ions d'hydrogène (H^+). Le dioxyde de carbone qui est lié dans les liaisons carbonate (HCO_3^-), est dégagé. Les ions de calcium et de magnésium dissouts (dureté non carbonatée) sont remplacés dans le procédé d'échange d'ions suivant par du sodium. Les échangeurs d'ions sont régénérés avec de l'acide chlorhydrique et du chlorure de sodium (NaCl).



Figure 1 : En raison du traitement d'eau insuffisant, des dépôts risquant d'entraîner l'explosion de la chaudière en cas extrême se sont formés.



Figure 2 : Module de traitement d'eau WTM pour l'adoucissement de l'eau d'alimentation des chaudières

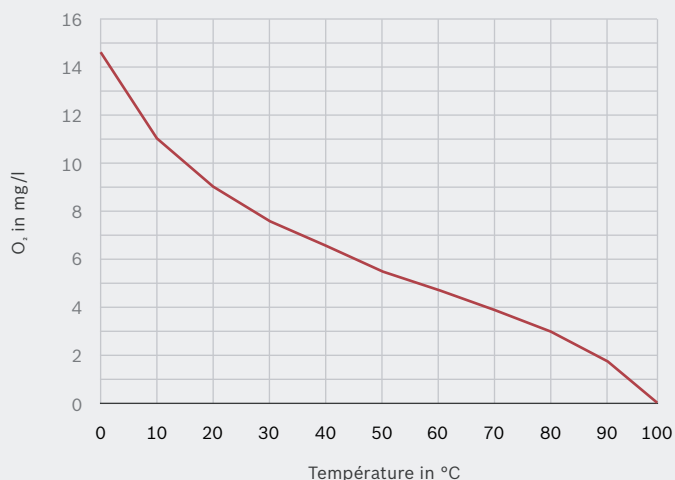
Dégazage thermique (Réduction O₂ ou CO₂)

Le dégazage thermique est commuté en aval de l'adoucissement ou de la déminéralisation. Pour ce procédé, on utilise la conformité à la loi chimico-physique énonçant que la solubilité des gaz dans des liquides diminue avec l'augmentation de la température et tend vers zéro à l'état d'ébullition.

En raison du plus faible coût d'investissement, on utilise souvent un dégazage partiel pour les petites installations ou les installations avec un reflux de condensat. En raison du faible domaine de travail en température entre 85 °C et 90 °C, il n'est pas nécessaire d'utiliser un réservoir de pression comme bêche alimentaire pour un dégazage partiel. Les gaz présents sous forme dissoute dans l'eau sont éliminés par le réchauffement et quittent le système avec la vapeur incondensable. Ce processus n'a pas lieu entièrement en raison des températures de travail réglées. Il existe encore de faibles concentrations de gaz, en particulier d'oxygène et de dioxyde de carbone. Un post-traitement chimique est impérativement nécessaire.

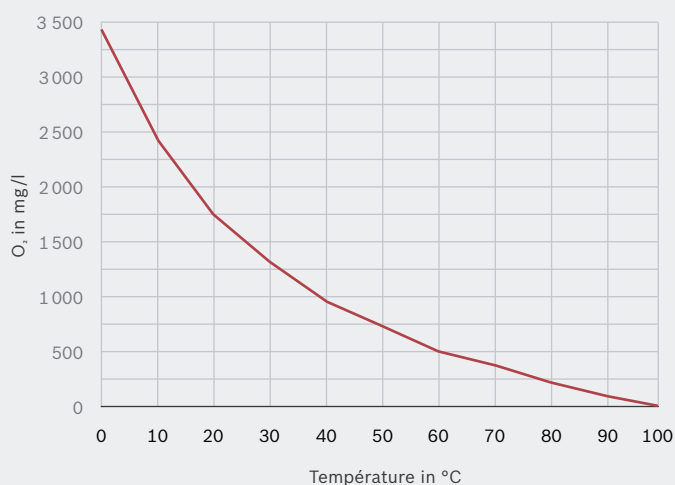
Pour des installations plus importantes ou des installations présentant un reflux de condensat faible, on utilise normalement, pour cette raison, des installations de dégazage complet. Celles-ci fonctionnent dans la plage de température située entre 100 °C et 110 °C. Un dôme de dégazeur posé sur la bêche alimentaire ou un dégazeur par pulvérisation agrandit la surface de l'eau d'appoint ou du condensat refluant. L'eau de chaudière dans la bêche alimentaire est chauffée à la température d'ébullition au moyen d'une injection de vapeur directe. La vapeur ainsi produite chauffe l'eau qui arrive et élimine les gaz. Ceux-ci s'échappent à l'air libre via l'obturateur d'incondensables dans la tête du dégazeur. A cette occasion, de la vapeur s'écoule à l'air libre (vapeur incondensable) sous forme de fluide de transport. L'obturateur d'incondensables est conçu de telle sorte que tous les gaz libérés peuvent être évacués même dans les conditions les plus défavorables. Selon les indications livresques, le courant de vapeur incondensable nécessaire s'élève à jusqu'à 0,5% de la capacité de vapeur de la chaudière. Les quantités restantes en oxygène et dioxyde de carbone sont négligeables une fois le dégazage complet effectué. Un faible post-dosage chimique n'est nécessaire que pour des raisons de mesure ou de sécurité.

Graphique 1 : Solubilité de l'oxygène en fonction de la température pour 1 bar (a) dans l'eau pure



Source: Manuel de l'eau WABAG

Graphique 2 : Solubilité du dioxyde de carbone en fonction de la température pour 1 bar (a) dans l'eau pure



Source: TÜV-Nord

Dosage chimique (Liaison O₂ ou CO₂)

En fonction des différents procédés physiques de traitement de l'eau, une dureté résiduelle et une liaison d'oxygène restante doivent avoir lieu par voie chimique. De plus, une alcalisation (augmentation de la valeur pH) est nécessaire. Jusqu'à présent les produits de dosage chimique ont été très souvent fortement surdosés. Les raisons résident essentiellement dans une surveillance discontinue et un dosage réglé empiriquement. Concernant la teneur en oxygène résiduel, la cause se situait dans l'absence d'analyse de mesure rentable pour la mesure directe. C'est pour cette raison que l'on n'a pas déterminé la teneur en oxygène résiduelle mais l'excédent de produit de dosage dans l'eau de chaudière afin de pouvoir garantir, au moins cycliquement, l'exemption d'oxygène. Outre les dépenses accrues pour des produits de dosage, et la précipitation de boues qui ont une influence sur les pertes d'énergie par la purge de déconcentration ou le débouillage. En outre, il peut survenir également des problèmes par le moussage de l'eau de chaudière. Des perturbations sous forme de manque d'eau ou de mises hors circuit à cause de niveau haut en sont la conséquence. L'entraînement d'eau détériore la qualité de la vapeur ce qui peut entraîner des coups de vapeur et des dommages sur les consommateurs montés en aval.



Figure 3 : Attaque de l'oxygène sur un tube de fumées découpé



Figure 4 : Module de service pour l'eau WSM pour le dégazage, l'entreposage et le conditionnement chimique de l'eau d'alimentation des chaudières et pour la détente et le refroidissement des eaux de chaudière régulant la température.

Analyse de mesure

Afin de garantir des qualités d'eau de chaudière appropriées, il faut vérifier la base continue et/ou périodique des paramètres d'eau. Les paramètres pertinents (valeur pH, conductivité directe, alcalinité, dureté et teneur en oxygène) de l'alimentation et de l'eau de chaudière dans les chaudières à vapeur et l'eau de circulation dans les installations d'eau chaude doivent être vérifiés. La fréquence de telles vérifications doit avoir lieu selon les exigences du fabricant, exploitant et des autorités correspondantes. Normalement, cela avait lieu jusqu'à présent, à l'exception de la conductivité, manuellement avec ce que cela signifie en terme de travail et de temps. Les différentes analyses d'eau doivent avoir lieu tous les jours et au moins tous les trois jours en cas d'équipement de l'installation pour une exploitation sans surveillance.

Afin de permettre les mesures, il faut prévoir des lieux de prélèvement d'échantillons sur des positions représentatives dans le système.

Les lieux de prélèvement typiques sont la bêche alimentaire de la chaudière, la tubulure de purge de déconcentration sur la chaudière et l'eau d'appoint après l'installation de traitement d'eau. Ces lieux de prélèvement d'échantillons doivent être équipés d'appareils de refroidissement appropriés (pots de prise d'échantillons) qui permettent un prélèvement correct et sans danger de l'eau.

La conductivité est déterminée continuellement à l'aide d'une électrode de mesure de conductivité intégrée à la surface de l'eau de chaudière. La dureté totale, tout comme l'alcalinité (valeur p) sont déterminées jusqu'à présent au moyen de la titration avec des solutions de titrage ou photométriquement avec des appareils de mesure appropriés. Lors de la titration les solutions de réaction sont versées au goutte à goutte dans l'eau d'échantillon à analyser jusqu'à ce qu'il y ait virage de couleur. On peut conclure l'alcalinité ou la dureté totale sur la base de la quantité en solution de réaction. Les procédés photométriques fonctionnent de manière semblable, cependant on mesure l'intensité du virage de la couleur après ajout d'une quantité définie en solution de réaction. La teneur en oxygène de l'eau ne pouvait être déterminé, jusqu'à présent, qu'avec une analyse de mesure très onéreuse.

Tous les procédés de mesure courant ont en commun d'être très longs et peu sûrs.



Figure 5 : L'appareil d'analyse d'eau récemment mis au point pour la mesure et la surveillance entièrement automatique de la qualité de l'eau des chaudières

Appareil d'analyse d'eau WATER ANALYSER WA

Un appareil d'analyse WATER ANALYSER WA mis au point élimine cette problématique et assume maintenant entièrement automatiquement la mesure et la surveillance continues de:

- ▶ Valeur pH dans l'eau d'alimentation
- ▶ Teneur O_2 dans l'eau d'alimentation
- ▶ Dureté résiduelle dans l'eau d'appoint
- ▶ Valeur pH dans l'eau de chaudière

Pour ce faire, de nouveaux procédés de mesure ont été mis au point:

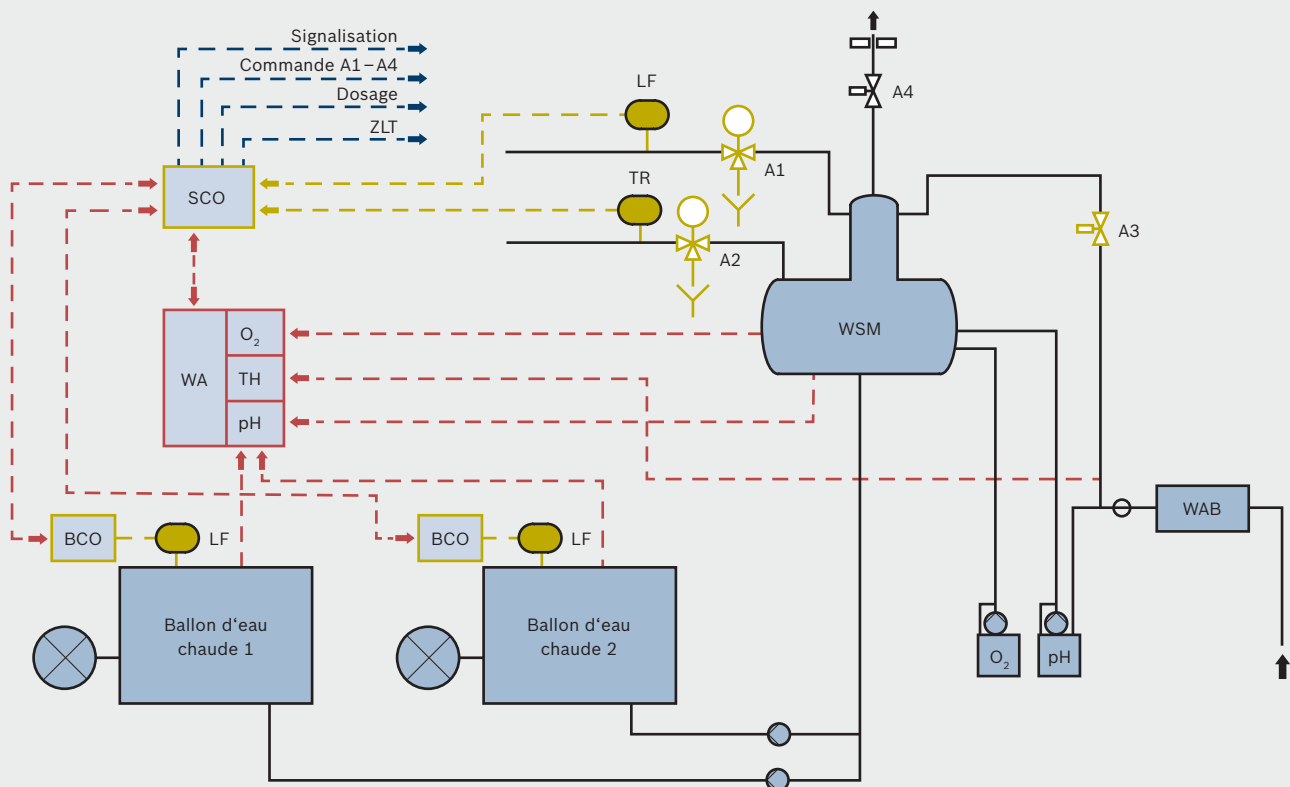
L'exemption d'oxygène n'est plus garantie par un excédent de réducteur d'oxygène, mais la teneur en O_2 est mesurée à sa hauteur réelle. Un microtube capillaire rempli d'un liquide de réaction sert d'électrode de mesure et produit une continuité de courant électrique en raison de l'oxygène diffusant. Cette continuité de courant est mesurée permettant de présenter la teneur exacte en oxygène à l'intérieur de la plage de mesure de 0,001–0,1 mg/l pertinente dans la technique de chaudière.

La mesure de la dureté a lieu au moyen d'une électrode de mesure qui est basée sur une membrane polymère sélective aux ions. Celle-ci n'est perméable qu'aux agents de dureté ioniques Ca et Mg. Une tension est induite en raison de la quantité d'ions ce qui permet d'en déduire le degré de dureté de l'eau. Toutes les divergences sont saisies avec certitude dans la plage de mesure entre 0,0018–0,18 mmol/l (0,01–1°dH).

La valeur pH dans l'alimentation et dans l'eau de chaudière est déterminée avec une électrode de mesure de référence pH qui saisit les ions d'hydrogène positifs se trouvant dans l'eau. Ici aussi, on induit une petite tension à l'aide de laquelle il est possible de déterminer avec certitude la valeur pH dans la plage de mesure entre 7 et 14.

Toutes les électrodes sont à autosurveillance. Des mesures de référence sont réalisées à certains intervalles de temps, par rapport à l'eau brute ou à elles-mêmes, afin de garantir leur fonctionnement parfait. Les différentes électrodes de mesure sont soumises à une usure naturelle. Les coûts pour les électrodes de rechange correspondent ici environ aux coûts des solutions d'indicateur et des bandes de test pour des analyses d'eau manuelles.

Figure 6 : L'intégration modulaire du WATER ANALYSER WA dans un système intégral d'installation de chaudière



Toutes les données sont transmises à la commande d'installation supérieure SYSTEM CONTROL SCO au moyen d'un système bus. Conjointement avec la conductivité de l'eau de chaudière et les conductivités et les turbidités des flux de condensat, La SCO dispose de tous les paramètres d'eau pertinents.

L'appareil d'analyse d'eau WA apporte un grand nombre d'avantages par rapport à la surveillance manuelle conventionnelle:

- ▶ Réduction de dommages sur la chaudière et l'installation par l'augmentation de la sécurité d'exploitation
- ▶ Pour obtenir des résultats de mesure corrects, il faut réaliser des mesures manuelles par du personnel formée. Souvent des erreurs sont commises lors du prélèvement des différentes eaux ou manipulation des solutions de réaction, ce qui falsifie dramatiquement les résultats.
- ▶ L'analyse avec l'appareil WA, par contre, fonctionne entièrement automatiquement sans aucune intervention ce qui garantit des résultats de mesure corrects et exacts.
- ▶ Si les valeurs limites fixées de qualité d'eau sont dépassées, l'installation de chaudière se protège elle-même. Des tâches de commande définies ont lieu en fonction du type de dépassement. Si, par exemple, de la dureté menace, la soupape d'eau d'appoint est immédiatement fermée.

Gestion de signalisation de défaut

Tous les paramètres actifs sont transmis dans la mémoire de signalisation de défaut du SCO en cas de dépassement des valeurs limites. La cause des erreurs peut être ainsi plus facilement analysable.

Enregistrement

Un enregistrement continu des données est également possible. Celles-ci peuvent être transmises à intervalles fixées, soit via Profibus à une centrale supérieure ou via une interface définie à une imprimante locale ou un enregistreur à écran. On peut renoncer aux mesures manuelles et à l'enregistrement manuel des valeurs d'eau sur le livre d'exploitation de la chaudière. On économise ainsi des coûts en personnel.

Tâches de régulation et de commande

La régulation des différentes pompes de produits de dosage a lieu sur la base des qualités d'eau mesurées. On peut renoncer à un dosage excédentaire dans la mesure où les paramètres d'eau sont déterminés directement. Cela a pour conséquence des économies énormes en produits de dosage chimiques et des pertes de purge de déconcentration et de débouillage moindres.

Le flux de vapeurs incondensables représente, pour un mode d'exploitation conventionnel, env. 0,5% de la puissance nominale. Il s'ensuit une perte d'énergie permanente à cause de la montée de vapeur incondensable. La mesure de la teneur en oxygène avec l'analyse de mesure WA permet une commande ciblée d'une soupape d'incondensables. La soupape peut être fermée à l'intérieur des valeurs limites admises. C'est seulement si les valeurs limites exigées sont dépassées, c'est-à-dire si la puissance du dégazeur est vraiment nécessaire, que la soupape d'incondensables ouvre et la vapeur incondensable enrichie à l'oxygène et au dioxyde de carbone peut quitter le système. Cela a pour conséquence d'énormes économies de combustible.

Potentiels d'économie

Le potentiel d'économie est énorme avec l'appareil d'analyse d'eau WA.

En fonction de la taille et de l'équipement des installations, il résulte des économies de personnel, de combustible et d'eau, des temps d'amortissement entre 6 mois et 3 ans.

L'augmentation de la sécurité d'exploitation grâce à des résultats d'analyse corrects et la réduction des dommages d'installation en raison de paramètres d'eau insuffisants ne sont ici même pas pris en considération.



Figure 7 : La commande d'installation supérieure SCO collecte et sauvegarde des données importantes relatives à l'eau et déclenche des fonctions de protection, de régulation et de commande

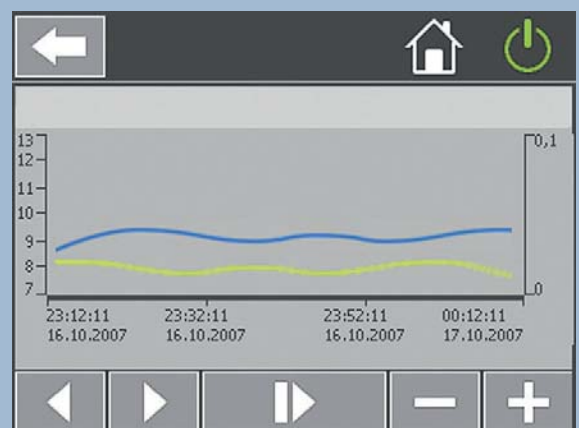


Figure 8 : Les paramètres de l'eau mémorisés dans le SCO (SYSTEM CONTROL) peuvent être représentés clairement sous forme d'un diagramme à courbe

Résumé

Les procédés nommés dans la première partie pour le traitement de l'eau au moyen de l'adoucissement, la déminéralisation, le dégazage ou le dosage décrivent clairement combien il est difficile de garantir une qualité d'eau de chaudière avec les moyens manuels à disposition jusqu'à présent.

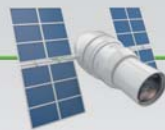
Il en résulte donc pour une analyse d'eau automatisée avec l'appareil d'analyse d'eau, les avantages suivants:

► Dosage de produits chimiques conforme aux besoins en fonction de la valeur pH et O₂ dans l'eau d'alimentation. Pas de surdosages excédentaires onéreux avec des pertes accrues de purge de déconcentration et de débouillage

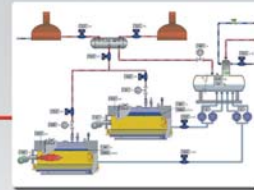
- Surveillance automatique de dureté résiduelle d'installations d'adoucissement montées en amont sur la base d'échangeur d'ions
- Commande d'une soupape d'incondensables en fonction de la teneur en oxygène dans la bûche alimentaire – Pertes d'énergie inutiles sont évitées
- Augmentation de la sécurité d'exploitation par des résultats de mesure analytiquement corrects
- Economie de temps par la mesure automatique
- Réduction des dommages en raison de paramètres d'eau insuffisants
- Toutes les données de l'analyse d'eau continue et entièrement automatique peuvent être transmises, affichées, imprimées ou mémorisées, par bus, par un enregistreur à écran ou une imprimante – on peut renoncer à l'enregistrement manuel sur le livre de chaudière.

Figure 9 : Installations à chaudières multiples, analyses d'eau, traitements d'eau, installations de dégazage, installations de condensat, alimentation en combustible – le SCO sait tout faire

Téleservice



Supervision



Système de gestion d'installation SCO

Contrôle des chaudières
BCO BCO



ULS
UNIVERSAL Chaudière à vapeur

WA
Analyseur d'eau

WTM
Module de conditionnement d'eau

WSM
Module de service d'eau

CSM
Module de condensats

Les installations de production:
Usine de fabrication 1 Gunzenhausen
Bosch Industriekessel GmbH
Nürnbergger Straße 73
91710 Gunzenhausen
Allemagne

Usine de fabrication 2 Schlungenhof
Bosch Industriekessel GmbH
Ansbacher Straße 44
91710 Gunzenhausen
Allemagne

Usine de fabrication 3 Bischofshofen
Bosch Industriekessel Austria GmbH
Haldenweg 7
5500 Bischofshofen
Autriche

www.bosch-industrial.com

© Bosch Industriekessel GmbH | Figures uniquement à titre d'exemple | Sous réserve de modifications | 07/2012 | TT/SLI_fr_FB-Wasseraufbereitung_01