

## Forschungsprogramm "Rationelle Energienutzung in Gebäuden"

# Neurobat – Neuronaler Heizungsregler Zusammenfassung Phase II



J. Bichsel, Sauter S.A.  
J. Krauss, CSEM S.A.  
M. Bauer, ESTIA S.A.R.L.  
N. Morel, LESO / EPFL

Im Auftrag des  
Bundesamtes für Energie

September 2000

**Projekt:**

NEUROBAT II:  
Neurofuzzy-Heizungsregler

**Projekt-Dauer:**

31.11.1998 - 27.09.2000

**BfE Projektverantwortlicher:**

M.Stettler  
BFE  
Abteilung „Haustechnik“  
3003 Bern / BE  
Tel.:031 / 322 55 53

**F&E Projektverantwortlicher:**

J.Bichsel  
SAUTER S.A.  
Abteilung „Controls Division“  
4016 Basel / BS  
Tel.: 061 / 695 56 30

**F&E Projekt-Partner (mit Kontaktpersonen):**

SAUTER S.A.  
R.Jenny  
Im Surinam 55  
4016 Basel / BS

CSEM S.A.  
J.Krauss  
Jaquet-Droz 1  
2007 Neuchâtel / NE

ESTIA S.a.r.l.  
M.Bauer  
PSE-B - Parc Scientifique de l'EPFL  
1015 Lausanne / VD

LESO-PB/EPFL  
N.Morel  
1015 Lausanne / VD

**Expertengruppe:**

M.Brückner  
Graf&Reber  
Arnold-Böcklin Strasse 19  
4051 Basel / BS

J.-C. Hadorn  
Chef de Programme 'Chaleur Solaire'  
1035 Bournens / VD

## Schlussfolgerung und Ausblick

### Zusammenfassung

Das für Zentralheizungsanlagen konzipierte NEUROBAT Konzept wurde mittels eines PC-Prototypen in Büroräumlichkeiten des LESO-EPFL getestet und in einer ersten Projektphase mit den Betriebsdaten eines kommerziellen adaptiven HLK-Heizungsreglers verglichen. Der entwickelte NEUROBAT-Regler zeichnete sich dabei im Vergleich durch eine durchschnittliche Reduktion des Energieverbrauches von 10-15% unter verbessertem Benutzerkomfort und eine markante Vereinfachung der Inbetriebnahmeprozedur aus.

In einer zweiten Phase des Projektes sollte das NEUROBAT Konzept auf seine industrielle Machbarkeit hin untersucht werden. Das Projekt wurde in Phase durchgeführt und im folgenden sollten die Resultate der Definitions-, der Entwicklungs-, der Test- und der Optimierungsphase kurz zusammengefasst werden.

In einem ersten Schritt wurden die technischen Spezifikationen des NEUROBAT Heizungsreglers erarbeitet. Zudem wurde die Inbetriebnahme-Prozedur des NEUROBAT-Regelalgorithmus weiter optimiert und die Zahl der Service-Parameter auf 4 reduziert.

Aufgrund der Spezifikationen des NEUROBAT-Heizungsreglers wurde während der Entwicklungsphase in enger Zusammenarbeit mit dem industriellen Partner ein industrieller Prototyp des Heizungsreglers realisiert. Dabei wurde mit dem Ende des Projektes eine zweite Version des Prototypen entwickelt, welche im Hinblick auf eine breitangelegte Testphase die gemachten Erfahrungen mit dem im Rahmen dieses Projektes entwickelten Prototypen berücksichtigt.

Vergleichstest wurden während zweier Heizsaison auf einem Wohngebäude in Basel ausgeführt, um den Leistungsausweis des NEUROBAT-Heizungsreglers aus der ersten Projektphase zu beweisen. Während der Heizsaison 1998-1999 wurde ein kommerzieller Heizungsregler (QRK 151) auf dem Testgebäude eingesetzt, der während des Betriebes kontinuierlich manuell parametrisiert wurde – dies entspricht einem in der Praxis nicht anzutreffenden Optimierungsgrad. Entsprechend diesem Optimierungsprozess und aufgrund des konventionellen Testgebäudes ohne Sonnenfremdwärmegewinne, ist der Leistungsausweis des kommerziellen Heizungsregler (QRK 151) sehr gut. Während der Heizsaison 1999-2000 wurde der NEUROBAT-Prototyp auf dem Testgebäude installiert. Die Analyse des Komforts und der energetischen Effizienz zeitigt eine vergleichbare Betriebsleistung, wobei das 'Commissioning'-Konzept des NEUROBAT Prototypen nach dem 'Plug-and-Play'-Prinzip funktioniert: bei der Inbetriebnahme benötigt der NEUROBAT Heizungsregler lediglich zwei Benutzereingaben und vier Serviceparameter. Alle übrigen Einstellungen optimiert der Regler, ausgehend von mittleren Startwerten, in einer Lernphase selbstständig. Der Benutzer und Installateur kann Begriffe wie Heizkurven, Parallelverschiebungen, Nachtabenkungen, Heizgrenzenschaltung, Gebäudetragheit, intermittierendes Heizen usw. vergessen.

Während einer abschliessenden Optimierungsphase wurde praktische Aspekte, wie die Bestimmung des Massendurchflusses untersucht und Vorbereitungen für die Industrialisierungsphase getroffen (zweite Version des NEUROBAT-Prototypen).

Mit Blick auf die vertraglich festgesetzten Zielsetzungen, wurden diese mit den hier vorgelegten Resultaten zum grossen Teil erfüllt. Leider konnte die geforderte 10%-ige Energieeinsparung des NEUROBAT-Heizungsreglers aufgrund des Testprozedere nicht aufgezeigt werden.

## **Ausblick**

Mit dem NEUROBAT Prototypen sind für kommende Heizsaison '00/'01 weitere Tests auf verschiedenen Bürogebäuden (unter anderem dem CSEM Hauptgebäude) vorgesehen. Basierend auf der Evaluation der Testdaten wird seitens des industriellen Projektpartners eine Industrialisierungsphase des NEUROBAT Projektes in Betracht gezogen. In einem

Die Resultate des NEUROBAT Projektes, Phase II, eröffnet interessante Möglichkeiten betreffend des Einsatzes des entwickelten Regelkonzeptes in anderen haustechnischen Anwendungen wie z.B. Klimaanlage oder Solaranlagen. Unter Berücksichtigung des prädiktiven Charakters des NEUROBAT Reglers ist zudem eine Koppelung des Heizungsreglers mit anderen haustechnischen Installationen (wie z.B. Stromverbrauch in öffentlichen Gebäuden) energietechnisch von Interesse.

## **Literaturhinweise:**

- [1] Thomas E. Mull: *HVAC Principles and Applications Manual*, McGraw-Hill Companies Inc, USA, **1997**
- [2] H. Michael Newman: *Direct Digital Control of Building Systems: Theory and Practice*, Wiley & Sons Inc, USA, **1994**
- [3] J.Krauss, M.Bauer, N.Morel, M.El-Khoury: *NEUROBAT – Predictive Neuro-Fuzzy Building Control System*, BfE-Schlussbericht, Bern, Switzerland, **May 1998**
- [4] Edoarda Mosca: *Optimal, Predictive and Adaptive Control*, Prentice Hall, New Jersey, USA, **1995**
- [5] Hagan, Demuth, Beale: *Neural Network Design*, PWS Publishing Company, Boston, USA, **1996**
- [6] D.Bertsekas: *Dynamic Programming and Stochastic Control*, Academic Press, New York, USA, **1976**
- [7] P.O. Fanger: *Thermal Comfort*, Krieger, Malabor, USA, **1981**
- [8] P.Lute, D.van Paassen: *Optimal Indoor Temperature Control Using a Predictor*, IEEE Control Systems, 4-9, **1995**
- [9] M.M.Rosset: *Gestion thermique optimale d'un batiment*, PhD Thesis, Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay, France, **1986**
- [10] P.Parent: *Optimal Control Theory Applied to Dwelling Heating Systems*, IRCOSE, Agence francaise pour la maîtrise de l'énergie, Paris, France, **1987**
- [11] A.M.Nygaard: *Predictive Thermal Control of Building Systems*, PhD Thesis no.876, EPFL, Lausanne, Switzerland, **1990**
- [12] SAUTER AG, *Aussentemperaturfühler EGT301*, SAUTER AG, Basel, Suisse, **1995**
- [13] SAUTER AG, *Raumtemperaturfühler EGT330*, SAUTER AG, Basel, Suisse, **1995**
- [14] SAUTER AG, *Anlegetemperaturfühler EGT310*, SAUTER AG, Basel, Suisse, **1995**
- [15] Landis&Staefa, *Sonnenfühler QAS92*, Landis&Staefa, Zug, Switzerland, **1995**
- [16] M. Bauer: *Gestion biomimétique de l'énergie dans le bâtiment*, PhD Thesis no.1792, EPFL, Lausanne, Switzerland, **1998**
- [17] SAUTER AG, *Heating Control QRK 201*, SAUTER AG, Basel, Switzerland, **1996**