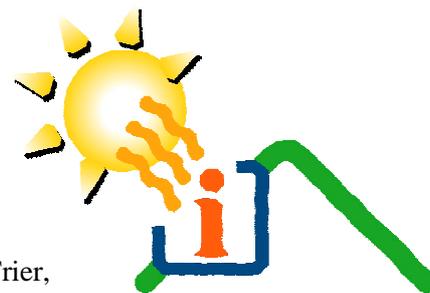


Solar-Expert

Expertensystem zur Fehleranalyse in thermischen Solaranlagen

Matthias Gebauer, Solarverein Trier e.V., Am Knieberg 29, D-54293 Trier,
Telefon: +49+651+9960245, Fax: +49+651+65295, Email: gebauer@fh-trier.de



Kurzfassung

SolarExpert ist ein wissensbasiertes Diagnose-Expertensystem zur Fehleranalyse von thermischen Solaranlagen. Durch Interaktion mit der Anwendung soll es dem Benutzer möglich sein, Betriebsfehler seiner Solaranlage ohne großen Aufwand festzustellen und, wenn möglich, mit Anleitung des Systems zu beheben.

Abstract

The objective of this project is the development and implementation of a knowledge-based diagnostic expert-system for error analysis of thermal solar systems. Interacting with the application, the user should be enabled to find the solution for an operating error and possibly solve the problem with help of the system.

Projektbeschreibung

1 Problemstellung

Die Technik der Solarenergienutzung ist seit Jahrzehnten bewährt und die Komponenten sind ausgereift und zuverlässig. Nichtsdestotrotz können, angefangen bei der Systemauswahl, über die oft komplexe Montage, bis hin zur Feinabstimmung der Komponenten und Regeltechnik viele Fehler gemacht werden.

Mit der entsprechenden Verpflichtung durch das aktuelle Förderprogramm ist der Betreiber in Deutschland zumindest in der Lage, eine einfache Funktionskontrolle der Anlage durchzuführen. Bei einer möglichen Fehlfunktion ist der Betreiber mit einer Analyse jedoch normalerweise überfordert. Eine Vielzahl von Fehlerquellen mit unterschiedlichen Aus- und Wechselwirkungen können die Ursache sein.

Das entwickelte EDV-System soll in der Lage sein, die mögliche(n) Ursache(n) zu identifizieren und dem Betreiber entsprechende Hilfestellung zu Ihrer Behebung anzubieten. Zu diesem Zweck muß schon vorhandenes Wissen um Fehlerquellen und -ursachen (Expertenwissen) formalisiert und allgemein verfügbar gemacht werden. Die fertige Anwendung soll vom Bauherren zu Hause benutzt werden können und leicht bedienbar sein.

Zur Fehleranalyse von überschaubaren technischen Anlagen eignet sich hervorragend ein Wissensbasiertes-Diagnose-Expertensystem. Expertensysteme, als Teilgebiet der KI, ermöglichen das Finden einer Lösung ohne vorgegebenen Algorithmus, sondern nur durch Anwendung von Regeln auf die Beziehungen zwischen den möglichen Problemmerkmalen und Problemlösungen.

2 Das Solar-Expertensystem

2.1 Methodenwahl

Sinnvoll für das Solar-Expertensystem ist die heuristische und die sichere Klassifikation. Sichere Klassifikation bedeutet, daß die Merkmale zu einem Problemfall eindeutig identifiziert werden können und die gefundene Diagnose als sicher gilt. Für die sichere Klassifikation wird ein Entscheidungsbaum durchlaufen, dessen Blätter entweder eine Diagnose sind, sie ausschließen, eine neue Frageklasse auslösen oder auch für diese Art der Wissensnutzung keine Relevanz haben.

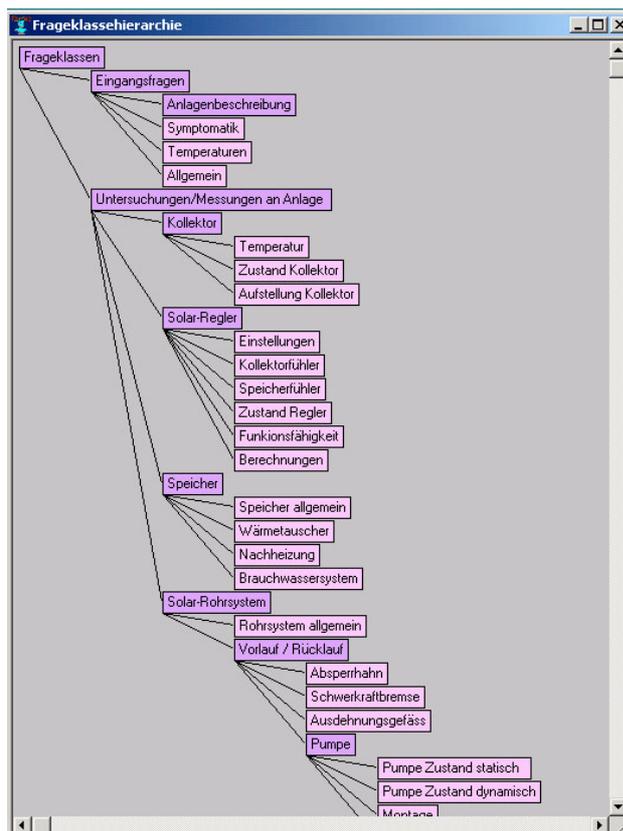
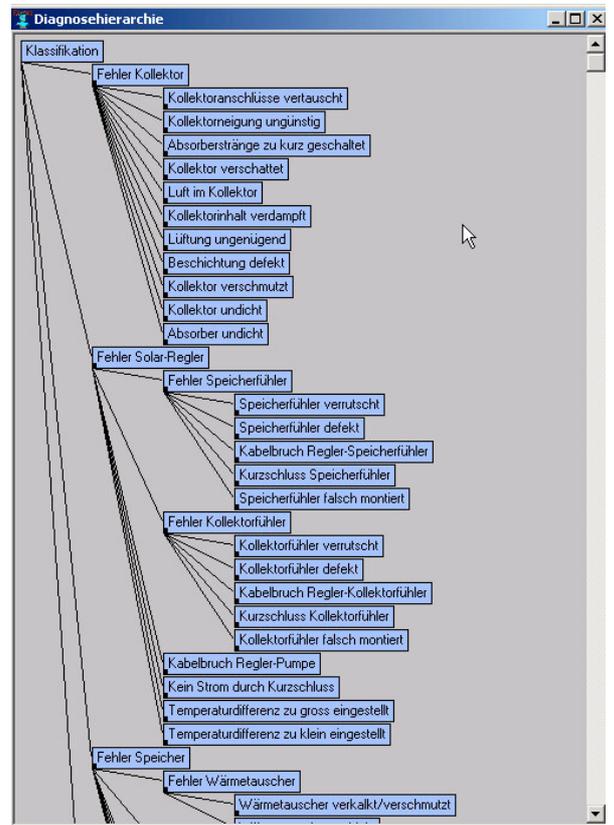
Um Unsicherheiten bei der Wissenseingabe durch den Benutzer bei einem Problemfall abzufangen, ist es von Vorteil auch das heuristische Wissensmodell einzusetzen. Es basiert auf Erfahrungswerten und Ähnlichkeiten, um zumindest eine Lösung näher in Betracht ziehen zu können, auch wenn die ausgewerteten Merkmale nicht hundertprozentig dafür sprechen. Wenn zum Beispiel acht mit UND verknüpfte Antworten eine bestimmte Lösung zu 95% bestätigen, kann die gleiche Lösung zu 80% bestätigt werden, wenn nur sieben der acht Antworten den Merkmalen dieser Diagnose entsprechen. Bei der heuristischen Klassifikation werden die Regeln zum Finden einer Diagnose in einer Tabelle eingegeben. Beide Wissensarten können parallel nebeneinander genutzt werden.

2.2 Implementierung

Es werden verschiedene Objekttypen angeboten um das Wissen zu formalisieren und zu verwalten. Die wichtigsten sind: Diagnose-, Frageklassen- und Regel-Objekte.

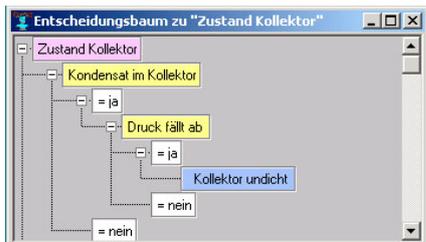
In der Diagnosehierarchie werden die verschiedenen Diagnose-Objekte erstellt und organisiert. Dargestellt werden sie durch eine baumartige Struktur die eine Aufteilung in Grob- und Feindiagnosen in beliebiger Tiefe ermöglicht. Sie stellen alle bekannten Diagnosen für mögliche Fehlerursachen von Solaranlagen dar.

Eine Grobdiagnose wäre beispielsweise „Kein Energie-Transport im Solarkreis“. Der eigentliche Fehler liegt dann in einer bestimmten Komponente und wird noch näher spezifiziert, wie z.B. „Pumpe defekt“ oder „Wärmetauscher verkalkt/verschmutzt“. Für Diagnose-Objekte können verschiedene Attribute gesetzt werden, wie etwa die „Apriori-Häufigkeit“. Diese ist die aus Erfahrung geschätzte Häufigkeit des Auftretens, welche die Lösungsfindung bei der heuristischen Klassifikation beeinflusst, oder ein Vorschlag wie der erkannte Fehler evtl. zu beheben ist. Die Erfassung der einzelnen Enddiagnosen ergab eine Gesamtzahl von etwa 60 möglichen Fehlern.



Die Frageklassehierarchie umfasst alle Frageklassen und die ihnen untergeordneten Frage-Objekte. Die Frageoberklasse „Untersuchungen/Messungen an der Anlage“ ist beispielsweise in die Frageklassen „Kollektor“, „Solar-Regler“, „Speicher“ und „Solar-Rohrsystem“ unterteilt. Diese Frageklassen beinhalten die Fragen die an den Benutzer für die einzelnen Bereiche gestellt werden können. Zur Formalisierung und Erfassung des Expertenwissens wurden alle relevanten Fehlersymptome erfasst. Es ergaben sich etwa 60 Symptome verteilt auf 25 Frageklassen.

Regel-Objekte verknüpfen Antworten auf die Fragen mit möglichen Lösungen, z.B. in sehr einfacher Form WENN A UND B DANN C, oder auch mit „ODER“ und „N aus M“ Verknüpfungen in beliebiger Tiefe. Jede Art der Klassifikation hat ihre eigenen Regel-Objekte. Für eine Anzahl von ungefähr 60 verschiedenen Diagnosen sind etwa 150 Regeln für heuristische und sichere Klassifikation nötig.



Nebenstehende Abbildung zeigt die Eingabe von Regeln über einen Entscheidungsbaum, der als Blatt in diesem Fall die Diagnose „Kollektor undicht“ enthält.

Auf dieser Abbildung sieht man die Eingabe von heuristischen Regeln auf einer heuristischen Übersichtstabelle. Die Merkmale mit ihren entsprechenden Ausprägungen, welche zur Diagnose „Luft im Kollektor“ gehören, sind die Zeilen der Tabelle, die Regelemente. In der ersten Spalte werden diese Regelemente mit UND verknüpft und ergeben somit eine Wahrscheinlichkeit für die oben genannte Diagnose von ca. 90% (P5+). In der zweiten Spalte werden zwei von drei Merkmalsausprägungen benötigt um diese Lösung noch zu 40% (P3) zu sichern.

Regelemente	Regelbewertungen		
	P5+	P3	P1
Vorbedingung	und	2 / 3	und
Temperaturdifferenz Vorlauf-Rücklauf = Differenz nahe Null	+	+	
Freier Durchfluss Solarkreis = ja	+	+	
Pumpengeräusche = laute Geräusche	+	+	+
Kontext			

2.3 Anwendung

Nach dem Start von D3 erscheint dem Benutzer eine Dialogoberfläche auf welcher er mit dem System interagiert, indem er Fragen zur Merkmalerfassung beantwortet. Zuerst muß er eine grobe Symptomatik des Problems angeben. Je nach dessen Auswertung werden vom System weitere Frageklassen zur Beantwortung freigeschaltet. Auf Wunsch kann er sich zu jeder Frage vom System Hilfen zur Beantwortung der Frage, oder die Begründung zur aktuellen Frageklasse angeben lassen. Wurden alle Fragen beantwortet, wertet das System die Merkmale aus und gibt dem Benutzer die wahrscheinlichste(n) gefundene Lösung(en) an. Auch hier kann sich der Benutzer den vom Computer gewählten Lösungsweg mittels Graphen oder sonstigen Abbildungen anzeigen lassen, um so die ermittelte Diagnose nachvollziehen zu können.

3. Schlußbemerkung

Das Solar-Expertensystem in seiner jetzigen Form ermöglicht es, Benutzern mit schon vorhandenen Kenntnissen über Solaranlagen, in einfacher Form Fehlerquellen zu identifizieren. Um auch Benutzern, mit wenig Wissen über die Solartechnik, die Nutzung des Systems zu ermöglichen, wird die Merkmalerfassung in Zukunft durch Erklärungstexte, Bilder und Lösungsvorschläge ergänzt.

Des weiteren ist geplant, das Solar-Expertensystem in einen WWW-Browser zu integrieren. Dies hat den Vorteil, daß Änderungen und Aktualisierungen an der Wissensbasis immer sofort verfügbar gemacht werden können. Auch wird die Benutzerführung dadurch vereinfacht. Die zweite Version der Software ist z.Zt. in der Erprobung. Nach Ihrer Bewährung soll eine kostenlose Verteilung erfolgen.