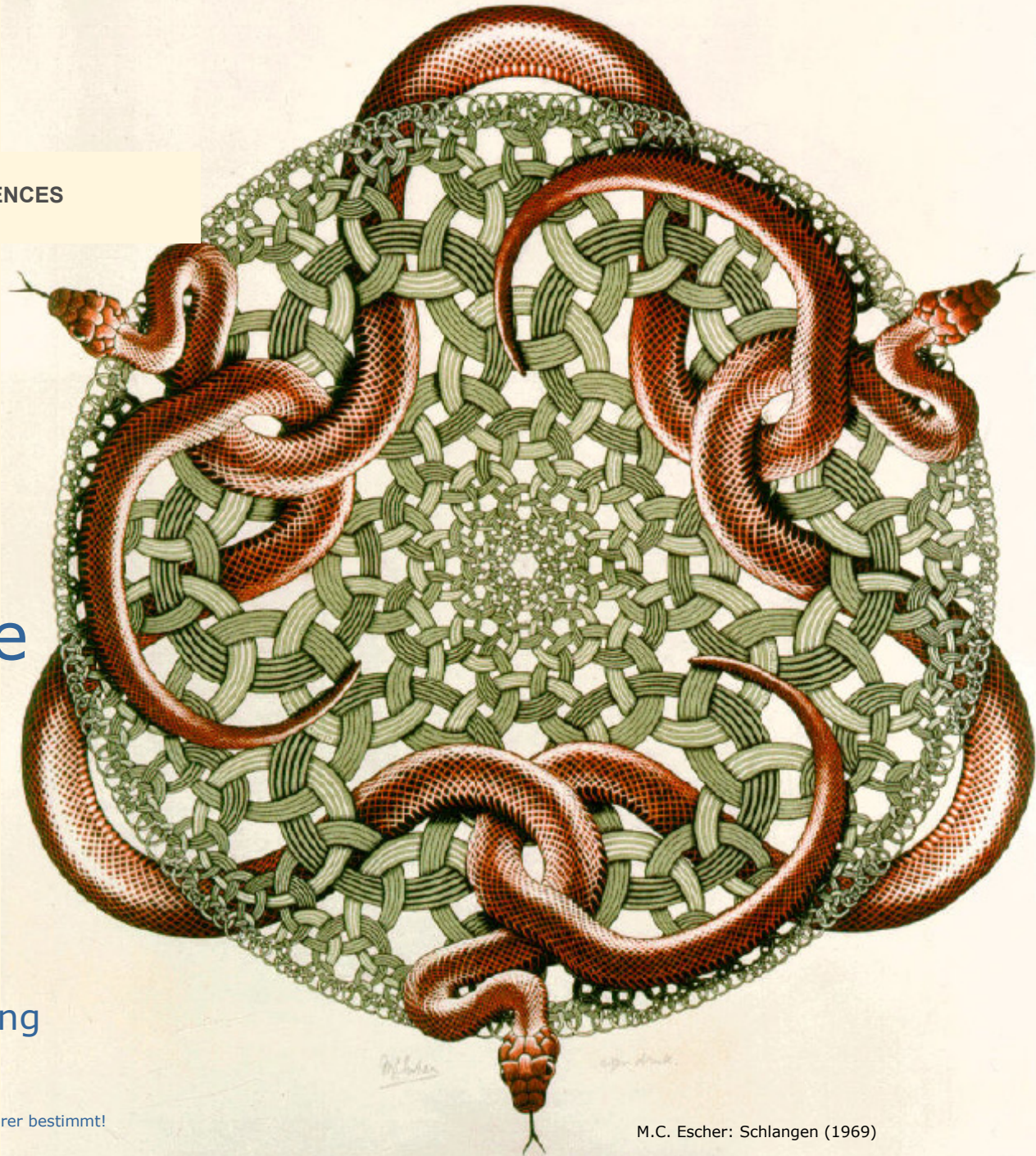


h_da

HOCHSCHULE DARMSTADT
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Wissensbasierte Diagnostik

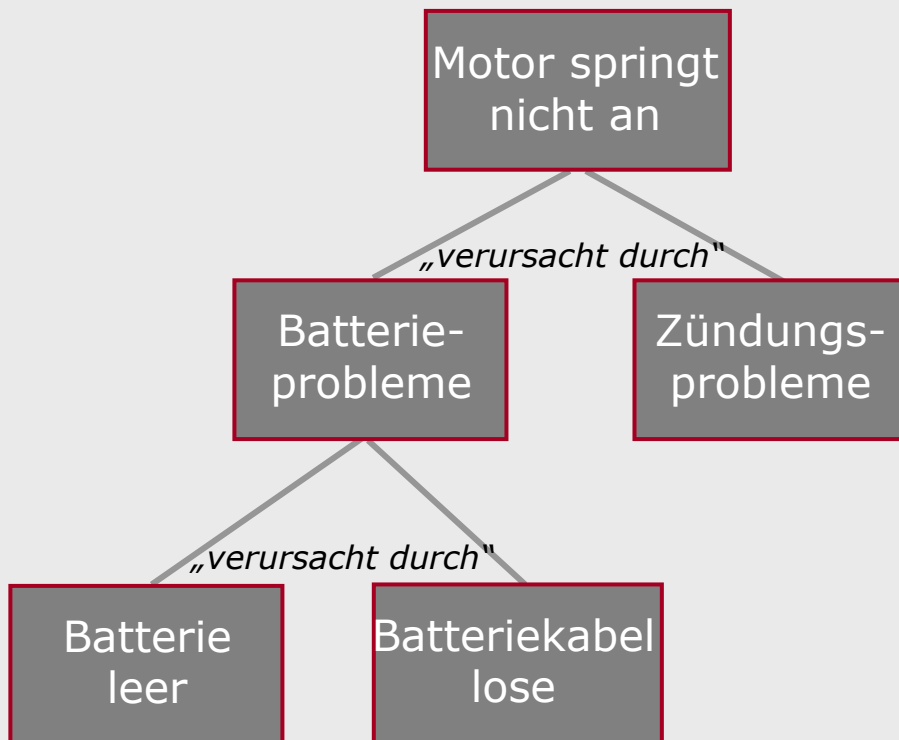
Kap. 6: Fehlerbäume Teil 1

Dr. Norbert Waleschkowski
Fachbereich Informatik

Vorlesung Master-Studiengang
Wintersemester 2009/10

Fehlerbäume (1)

- Bei Fehlerbäumen denkt man nicht in Abläufen, sondern in Ursachen. Es stehen nicht ein Test bzw. eine Frage, sondern ein Fehler und seine Ursachen im Mittelpunkt der Betrachtung.
- Jeder Fehler wird durch ein Objekt repräsentiert. Die Fehler sind durch die Beziehung *"verursacht durch"* miteinander verbunden. Ein Fehlerbaum ist eine rein kausale Struktur.

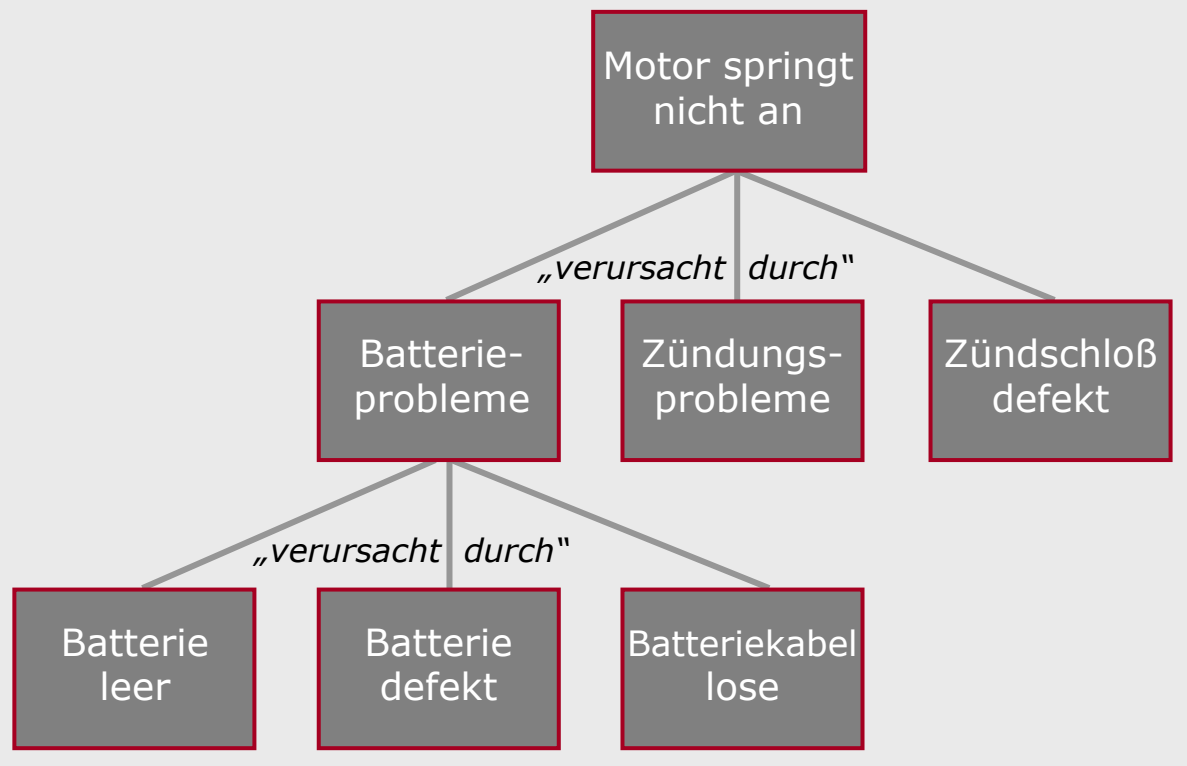


Beispiele:

- ◆ Der Fehler
 - *"Motor springt nicht an"* kann verursacht werden durch
 - *"Batterieprobleme"*,
 - *"Zündungsprobleme"* etc.
- ◆ Der Fehler
 - *"Batterieprobleme"* kann verursacht werden durch
 - *"Batterie leer"* oder
 - *"Batteriekabel lose"*.

Fehlerbäume (2)

- Ein Fehlerbaum ist eine kausale Struktur. Sie besagt lediglich, welche tieferen Ursachen ein Fehler bzw. ein Symptom haben kann, ohne gleich an den Ablauf einer Untersuchung zu denken.
- Ein Fehlerbaum ist objektiv bzw. objektivierbar. Zwei Experten sind sich in bezug auf die Gültigkeit dieser Struktur einig. (Dies ist bei Entscheidungsbäumen nicht der Fall.)



- Auch Erweiterungen sind unmittelbar und offensichtlich problemlos möglich, ohne den Baum reorganisieren zu müssen.
- So lassen sich für das Symptom "Motor springt nicht an" sofort weitere Ursachen einbauen wie "Defektes Zündschloß" oder als weitere Ursache für "Batterieprobleme" der Fehler "Batterie defekt".

Fehlerbäume – Das Modellierungsproblem

- Änderungen in Fehlerbäumen besitzen lokalen Charakter.
- Es ist i.a. nicht nötig, den restlichen Baum zu kennen, wenn eine Änderung im Baum vorgenommen werden soll. Es steht lediglich zur Debatte, ob die Kausalität als solche richtig ist.
- Diese Fragen können i.d.R. objektiv beantwortet werden. Somit besteht kein Design- oder Entscheidungsproblem.
- Überprüft man Fehlerbäume an den Problemstellungen 1) bis 9) aus Kap. 3 [*Entscheidungsbaumtechnik*], so stellt man fest, daß die dort beschriebenen Probleme bis auf Punkt 6) - das Problem der Vollständigkeit – in dieser Form nicht auftauchen.

- Ergebnis der Betrachtung:

Ein Fehlerbaum besitzt eine geringere Komplexität als ein Entscheidungsbaum und kann objektiv verifiziert werden.

Es gibt kein grundsätzliches Modellierungsproblem.

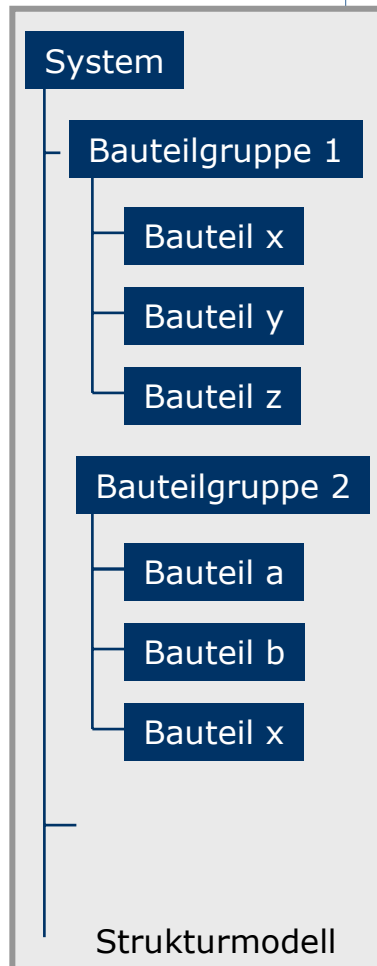


Fehlerbäume – Das Vollständigkeitsproblem

- Alle Fehler, die in einem technischen System auftauchen, sind an Fehlfunktion(en) eines oder mehrerer Bauteile gekoppelt.
- Um dem Problem der Vollständigkeit zu begegnen, benötigt man Information über die verbauten Komponenten bzw. Bauteile des zu diagnostizierenden Systems.
- Verwendet man parallel zum Fehlerbaum z.B. ein Strukturmodell, eine Art Stückliste, so läßt sich dieses Problem entschärfen.
- Ein Strukturmodell beschreibt die Struktur eines technischen (Teil-) Systems bis zu den kleinsten tauschbaren bzw. reparierbaren Einheiten. Mit solchen Modellen läßt sich eine gewisse Vollständigkeit eines Fehlerbaumes erzwingen. Zu jedem Bauteil kann ein Fehler "*Bauteil defekt*" angelegt werden. (Dies ist bei einem EB so nicht möglich!)
- Es handelt sich bei der Strukturinformation um explizites Wissen und eine erste Modellvorstellung vom zu diagnostizierenden System.

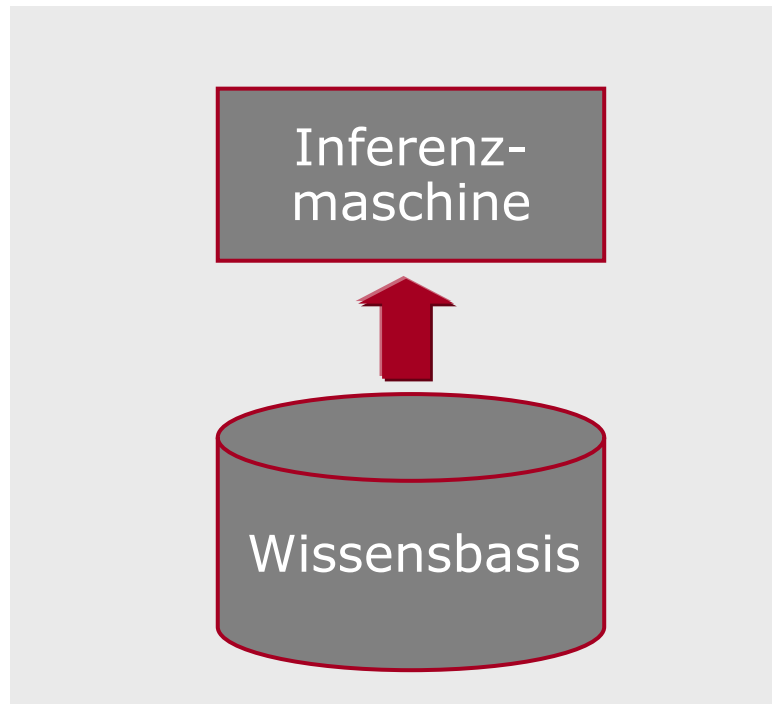
- Ergebnis der Betrachtung:

Das Vollständigkeitsproblem läßt sich durch Information über die verbauten Komponenten verringern.



Fehlerbäume – Das Ablaufproblem (1)

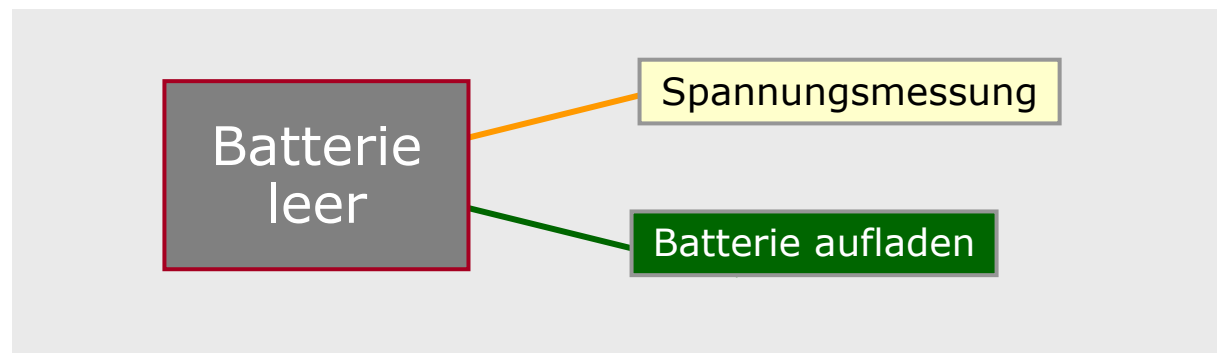
- Ein Fehlerbaum ist also eine kausale Struktur von Fehlern und ihren möglichen Ursachen.
- Wie kommt man nun vom Fehlerbaum zum Diagnoseablauf?
- Wissen und Inferenz werden bei Fehlerbäumen voneinander entkoppelt.



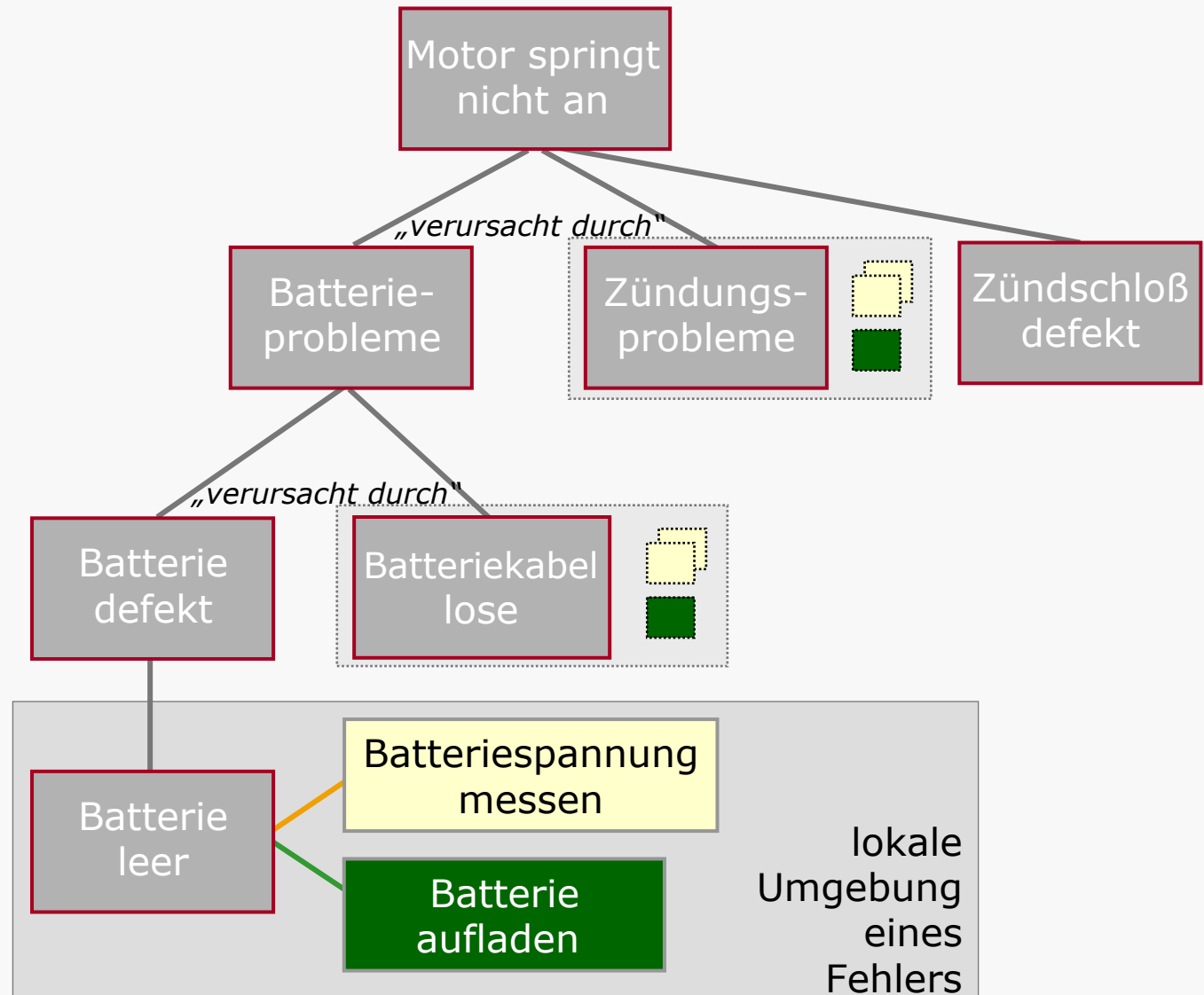
- Das Diagnosewissen wird in Wissensbasen organisiert.
- Inferenzmaschinen, hier Diagnosemaschinen, arbeiten auf den Wissensbasen und ziehen diagnostische Schlussfolgerungen. Sie generieren den Diagnoseablauf.
- Es können verschiedene Diagnosemaschinen eingesetzt werden.

Fehlerbäume – Das Ablaufproblem (2)

- Bisher liegt für eine Inferenz noch zu wenig Information vor. Der Fehlerbaum muss daher noch um diagnoserelevante Information angereichert werden.
- Für jedes Element des Fehlerbaumes, also für jeden Fehler, sind Fragen bzw. Tests zu formulieren, die Aufschluss darüber geben, ob der Fehler vorliegt oder nicht.
- Eine Spannungsmessung gibt z.B. Auskunft darüber, ob eine Batterie leer oder defekt ist. Liegt eine hinreichend hohe Spannung an, so können die Fehler *"Batterie leer"* und *"Batterie defekt"* ausgeschlossen werden.
- Entsprechend können jedem Fehler Reparaturen zugeordnet werden wie *"Batterie aufladen"* bzw. *"Batterie auswechseln"*, die auszuführen sind, wenn der Fehler tatsächlich vorliegt.



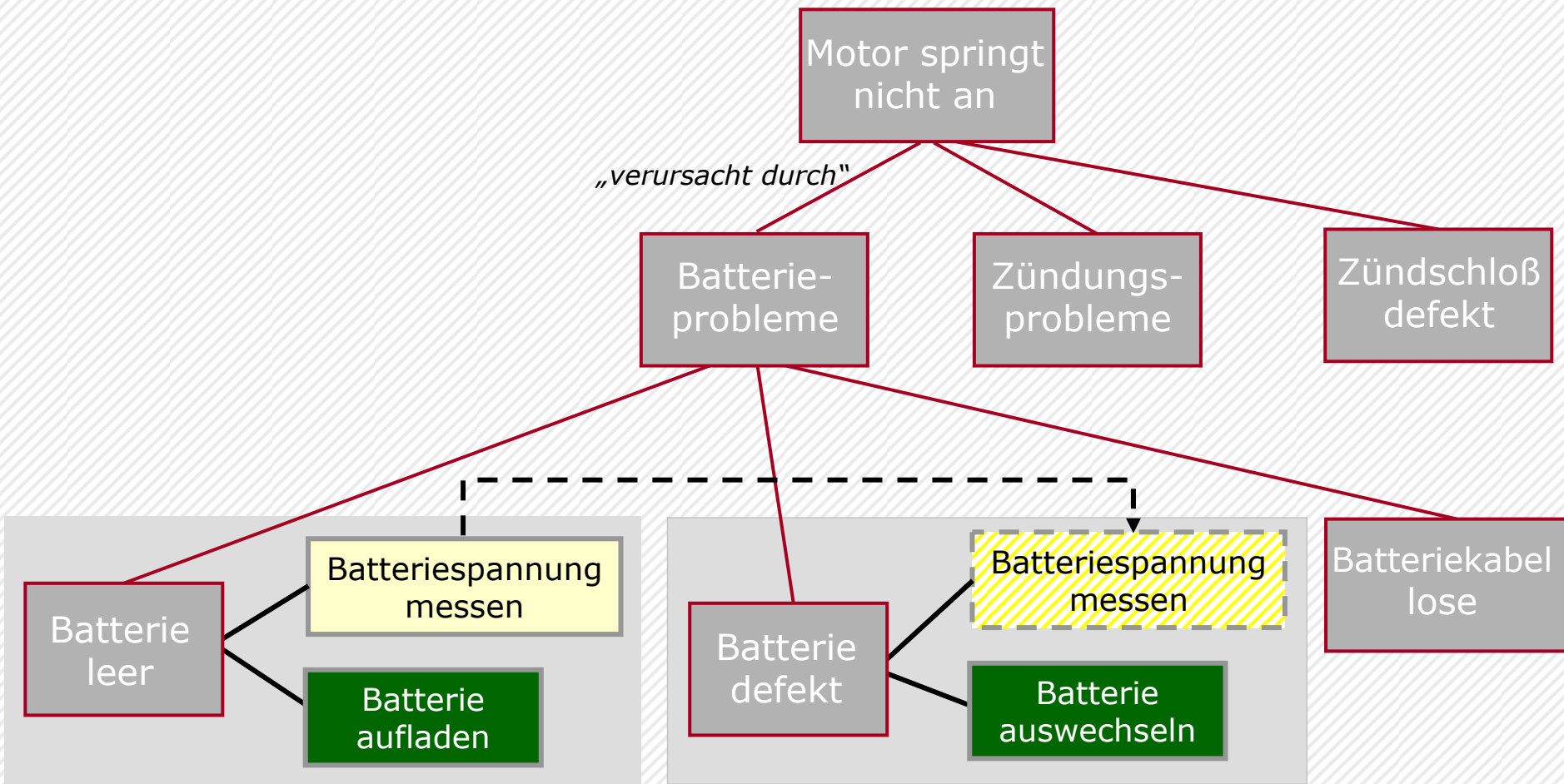
Fehlerbäume – Das Ablaufproblem (3)



Fehlerbäume – Das Ablaufproblem (4)

- Jedem Fehler kann lokal diagnoserelevante Information wie Tests und Reparaturen in Form von Objekten zugeordnet werden. (Test- und Reparaturprojekte werden als gelbe bzw. grüne Rechtecke dargestellt.)
- Dem Fehler "*Batterieprobleme*" kann z.B. der Test "*Licht einschalten*" zugeordnet werden. Brennt das Licht normal, können keine Batterieprobleme vorliegen.
- Es ist auch möglich, ein- und denselben Test mehreren Fehlern zuzuordnen. Dabei soll er aber (im allgemeinen) nur einmal ausgeführt werden.
- In der nächsten Abbildung ist der Test "*Batteriespannung messen*" gleichzeitig auch dem Fehler "*Batterie defekt*" - dargestellt durch eine gestrichelte Linie - zugeordnet. Tatsächlich handelt es sich um dasselbe Objekt; der Test selbst ist nur einmal vorhanden und wird, sofern nicht anders vereinbart, auch nur einmal ausgeführt.
- Es handelt sich mithin gar nicht um Bäume, sondern um *Netzwerke aus Fehlern*.

Fehlerbäume – Das Ablaufproblem (5)



Fehlerbäume – Das Ablaufproblem (6)

- Wie kann nun aus dieser Struktur ein Diagnoseablauf generiert werden?
- Dies geschieht durch Bereitstellung einer intelligenten *Schlussfolgerungs-* bzw. *Inferenzkomponente*, die aus diesen Strukturen zur Laufzeit einen Ablauf erzeugt.
- Die einfachste Inferenz navigiert durch den Fehlerbaum, indem sie den Baum von oben nach unten und von links nach rechts inspiziert.
- Zunächst wird also untersucht, ob "*Batterieprobleme*" vorliegen.
- Falls ja, wird der Unterbaum untersucht. Falls "*Batterieprobleme*" ausgeschlossen werden können, werden "*Zündungsprobleme*" untersucht etc..
- Die Fehler kann man z.B. nach Wahrscheinlichkeiten oder anderen Kriterien anordnen, gegebenenfalls auch dynamisch.
- Damit kann man jeden gewünschten Ablauf erzeugen.

Fehlerbäume – Das Ablaufproblem (7)

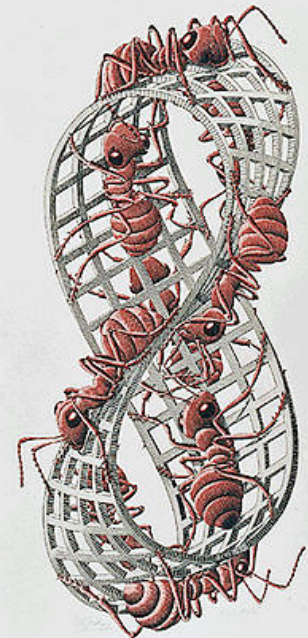
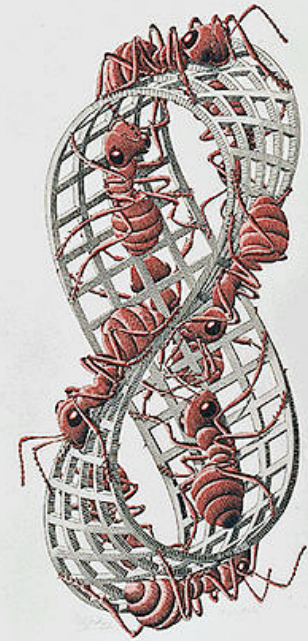
- Der entscheidende Vorteil besteht darin, dass Struktur und Ablauf bzw. Modellierung und Inferenz bzw. Sachverhalt und Interpretation voneinander getrennt werden.
- Dies führt zu einer entscheidenden Verringerung der Komplexität. Das ist eine bewährte Erkenntnis aus der Theorie der Informationsverarbeitung.
- In der Regel werden mehrere Inferenzstrategien bereitgestellt, um eine Struktur zu interpretieren. Ein konkreter Entscheidungsbaum ist somit nur eine mögliche Interpretation der Fehlerstruktur von vielen denkbaren.
- Zur Steuerung der Inferenz im System können darüber hinaus weitere Konstrukte wie Regeln bzw. bedingte Attribute zur Verfügung gestellt werden.
- Möchte man z.B. im Sommer bei Motorstartproblemen zunächst auf "*Defektes Zündschloss*" untersuchen, formuliert man einfach eine entsprechende Regel, die bewirkt, dass zur Laufzeit der Fehler vor den Fehler "*Batterieprobleme*" positioniert wird.
- Redundanz wird auf diese Weise komplett vermieden. Der Fehlerbaum muß nicht umstrukturiert werden.

Fehlerbäume – Das Ablaufproblem (8)

- Entscheidungsbäume können daher als eine spezielle Interpretation von Fehlerbäumen bezeichnet werden.
- Diese Vorteile beruhen letztendlich auf der strikten Trennung von Struktur und Ablauf.

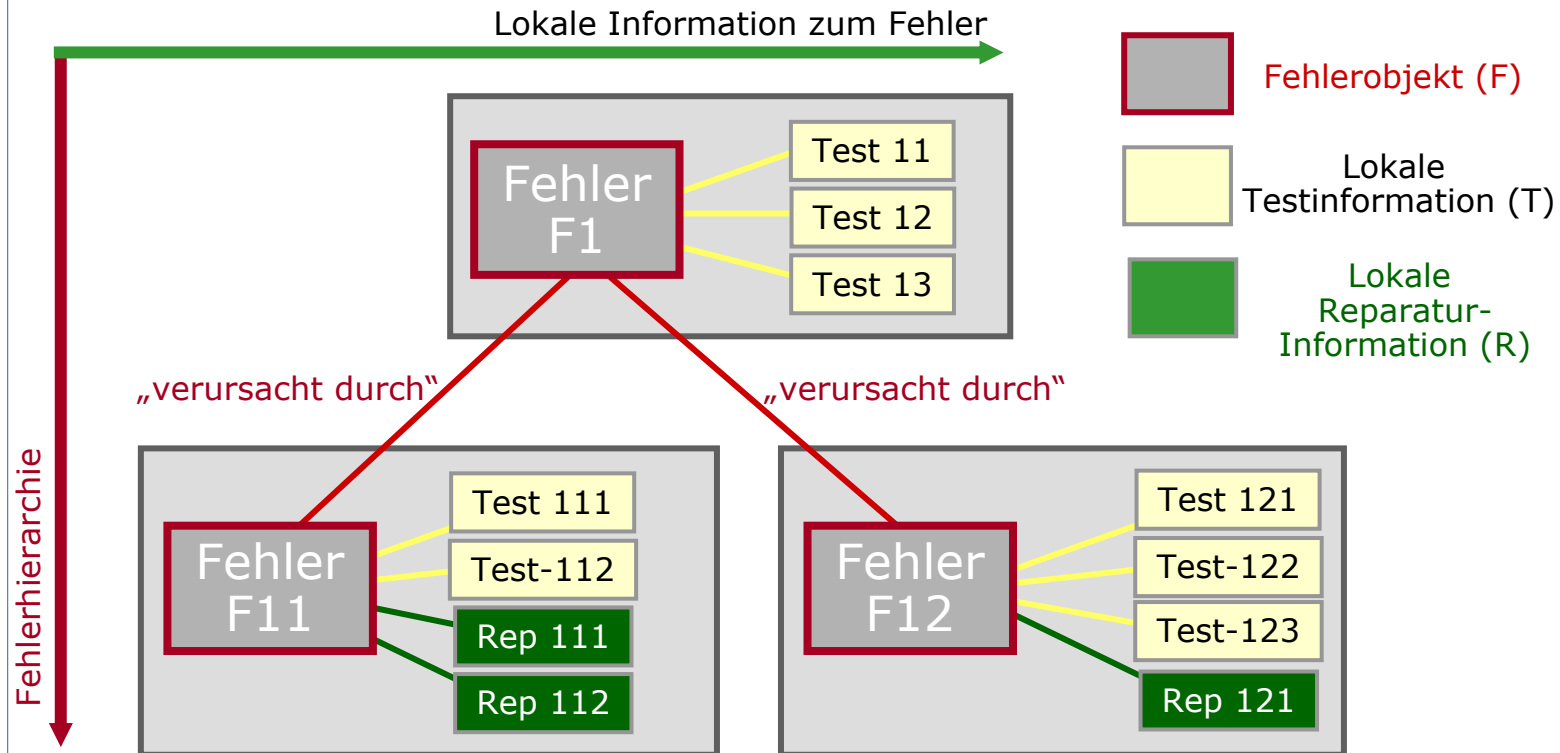
- Ergebnis der Betrachtung:

Ein Entscheidungsbaum kann als eine spezielle Interpretation eines Fehlerbaums angesehen werden.



Die lokale Umgebung eines Fehlers

- Wir untersuchen im folgenden die lokale Umgebung eines Fehlers sowie eine einfache Inferenzstrategie.



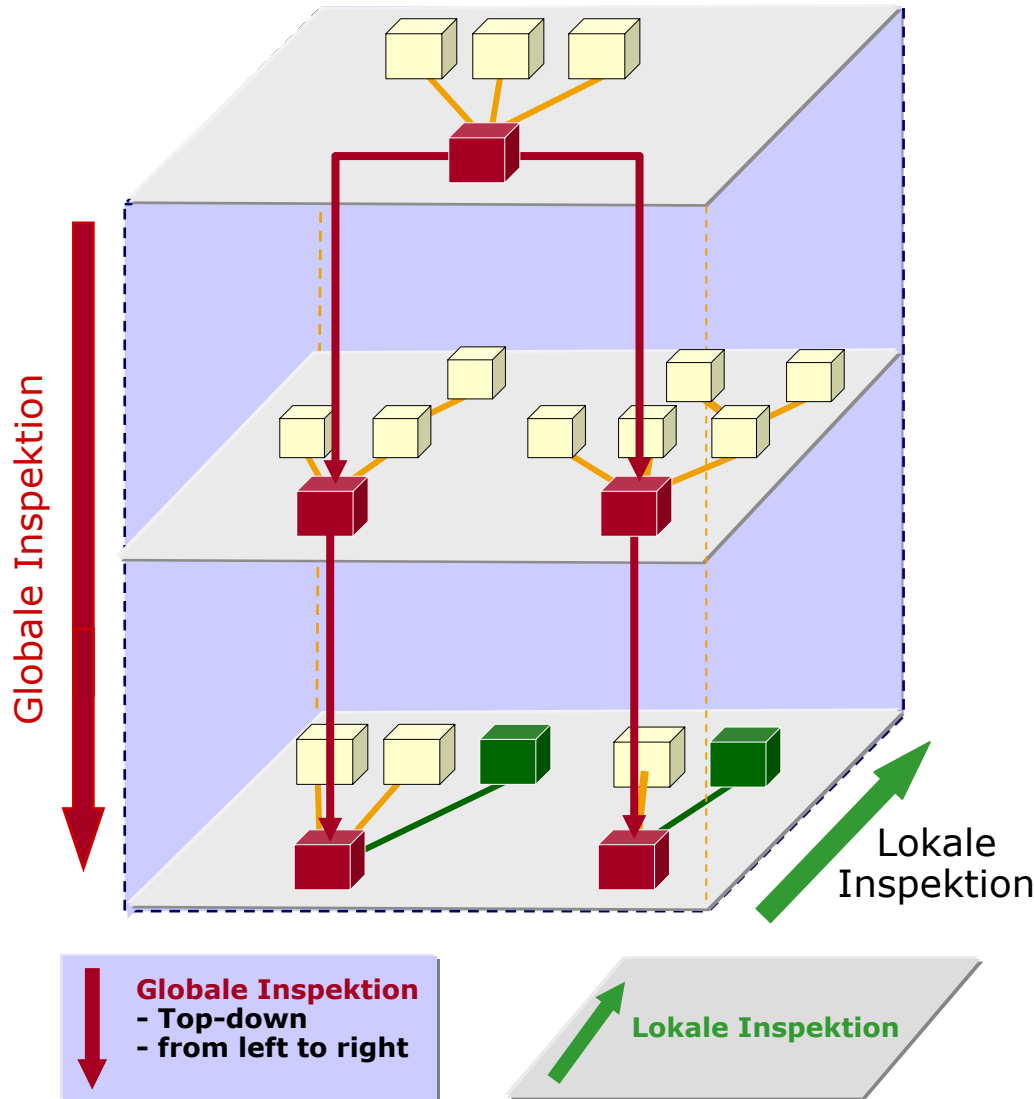
Fehlerbäume – „Failure-state-in-a-box“

Es ergibt sich eine Kubusstruktur, die wir *Failure-state-in-a-box* nennen.

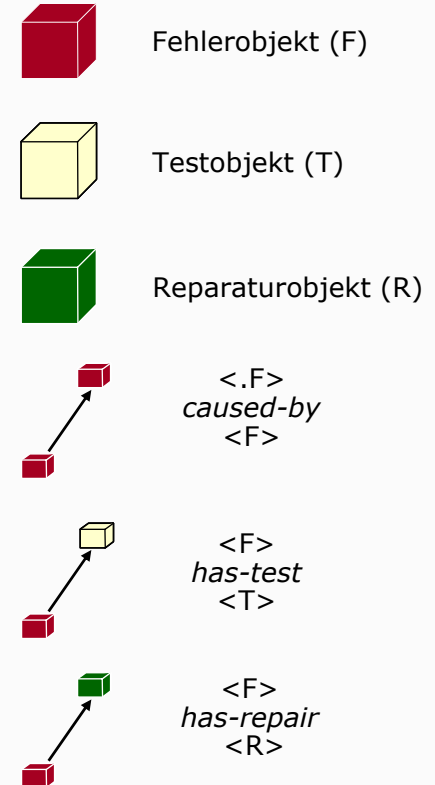
Der vertikale Schnitt durch den Kubus zeigt die globale Fehlerbaumstruktur.

Der horizontale Schnitt pro Knoten im Fehlerbaum zeigt die lokale Umgebung des jeweiligen Knotens.

Die Legende rechts zeigt die Relationen in der Gesamtstruktur auf.



Legende Objekte und Relationen



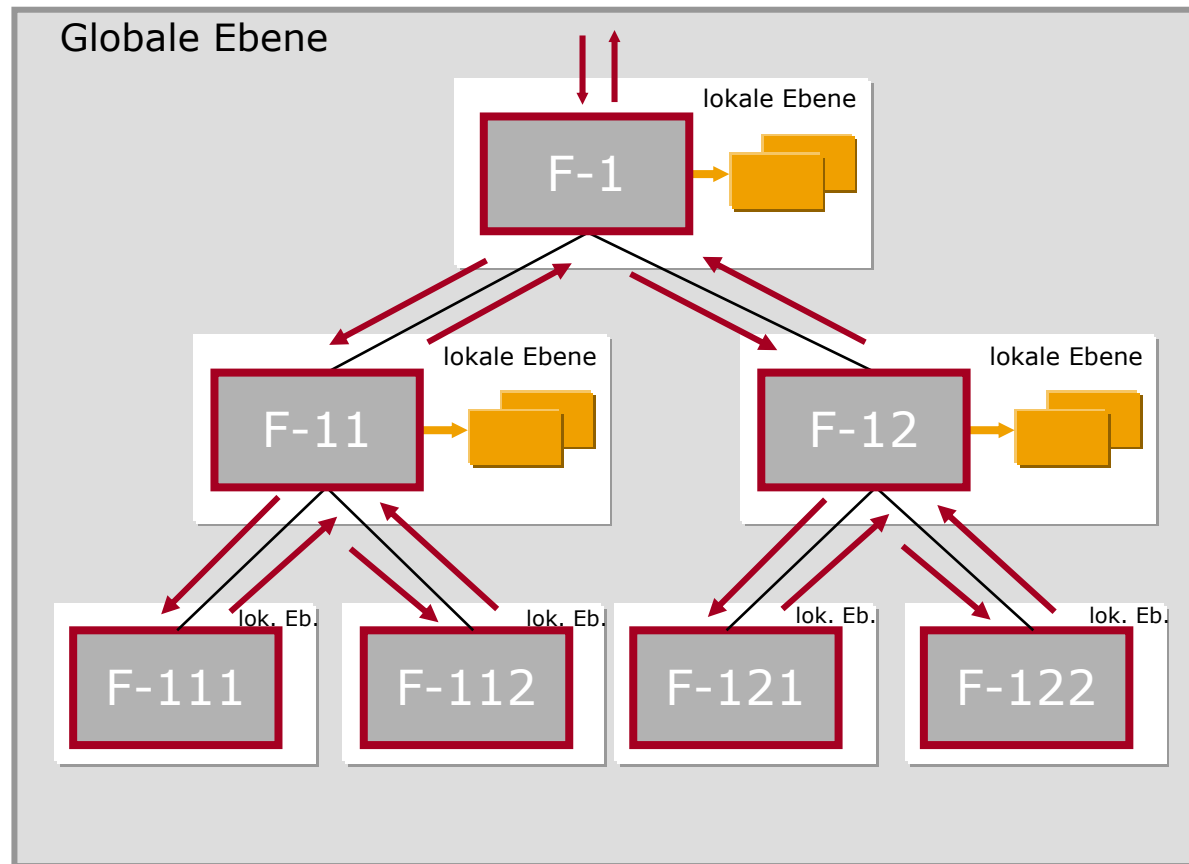
Die Standard-Inferenzstrategie

Eine einfache Inferenzstrategie:

Die Inferenz navigiert im Fehlerbaum „von oben nach unten“ und „von links nach rechts.“

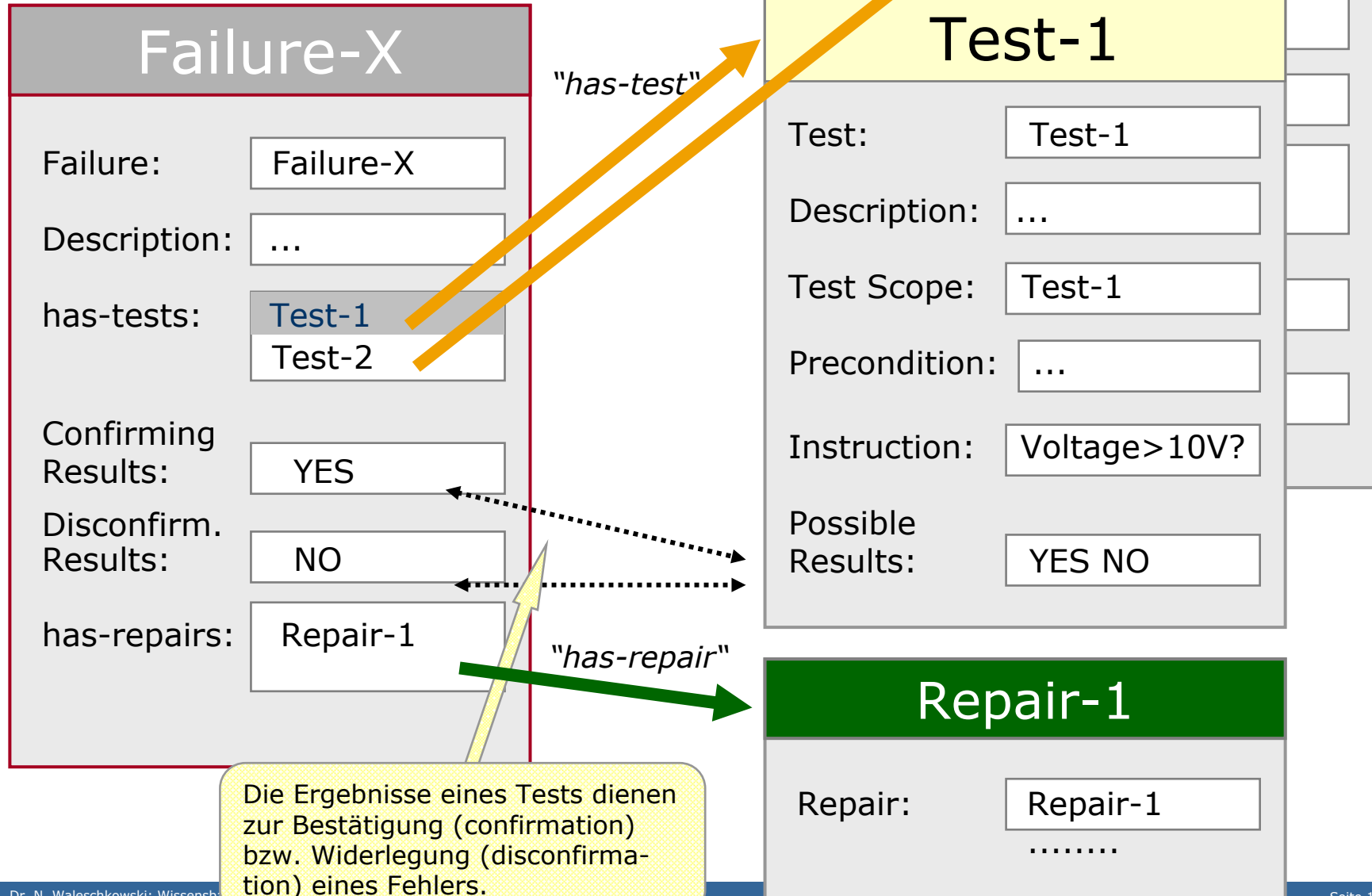
Pro besuchtem Knoten wird die lokale Umgebung (horizontal) evaluiert.

Wird der Fehler bestätigt, wird der Unterbaum inspiziert. Wird der Fehler widerlegt, wird der nächste Kindknoten des Vaterknotens inspiziert.

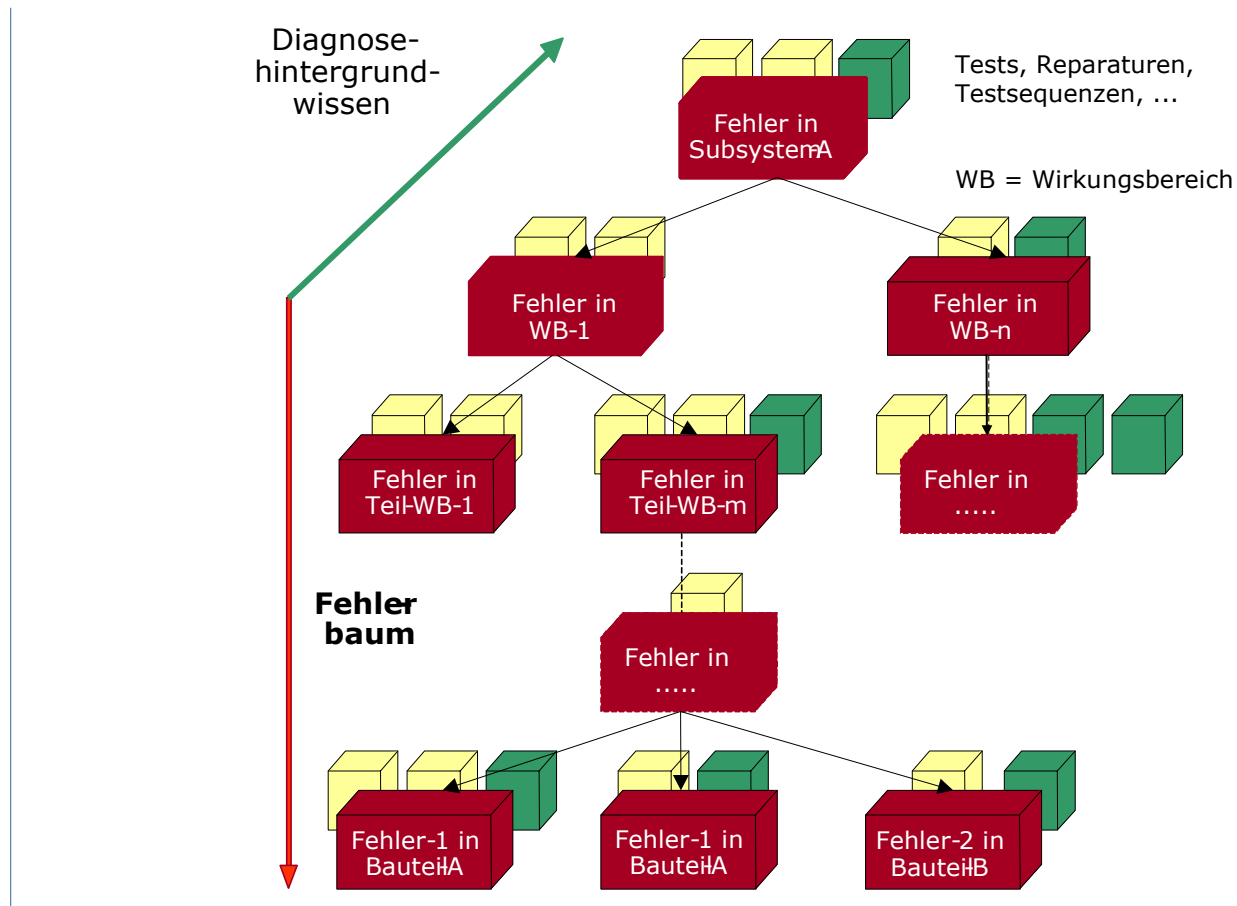


Default-Inferenzstrategie: von oben nach unten
von links nach rechts

Objektorientierte Repräsentation von Fehlerbäumen



Gesamtstruktur eines Fehlerbaums



Tatsächlich sind diese Fehlerhierarchien keine Bäume, sondern sogenannte gerichtete, zyklensfreie, zusammenhängende Graphen. (Bei einem Baum besitzt jedes Objekt außer dem Wurzelobjekt genau ein Vaterobjekt).

Da zur Darstellung des Diagnosemodells die Baumdarstellung verwendet wird, ist jedoch die Bezeichnung Fehlerbaum naheliegend.

Ein Fehlerbaum-Editor

Eine industrielle Diagnoseumgebung

Das ist der Fehlerbaum-Editor eines wissensbasierten Diagnosesystems.

Das Tool unterstützt mehrere Diagnosestrategien. Eine davon ist die Fehlerbaum-Technik.

Die **globale Sicht** unterstützt den Aufbau des Fehlerbaums selbst.

Die **lokale Sicht** dient zum Editieren der lokalen Umgebung eines Fehlers.

Das Fenster „**Ahnenreihe**“ zeigt die Ahnenreihe des selektierten Objekts.

Der Kubus „**Failure-state-in-a-box**“ kann somit problemlos abgebildet werden.

Press F1 to get help

NUM 20:30

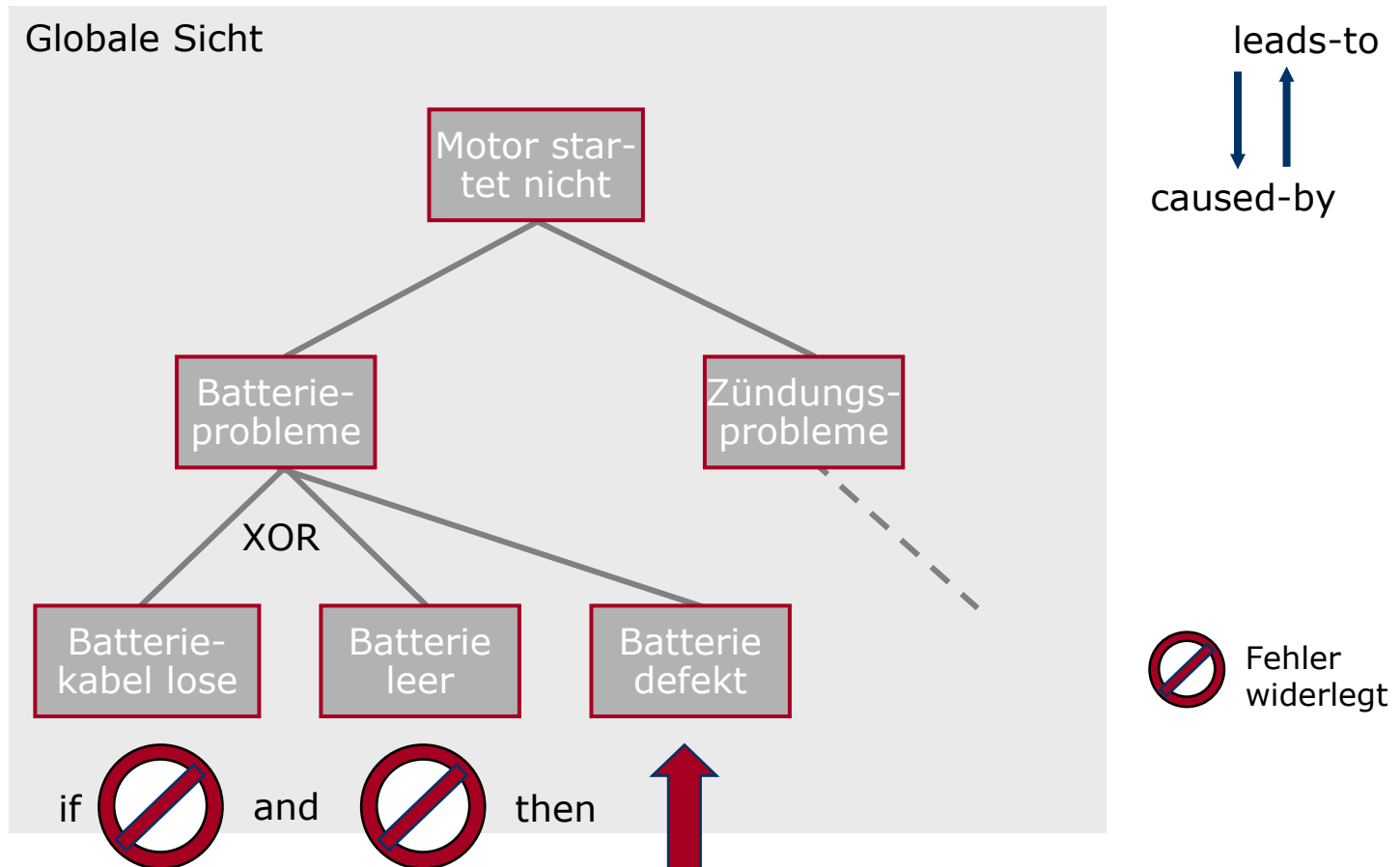
Vollständige Fehlerursachen

Wenn die Ursachen eines Fehlers vollständig (engl. exhaustive) aufgezählt sind, kann der letzte Fehler automatisch bestätigt („confirmed“) werden, ohne daß ein Test ausgeführt werden muß, sofern die anderen Ursachen widerlegt (disconfirmed) wurden.

Im Baum wird dies durch **XOR** (entweder-oder) markiert.

Vorsicht

bei der Anwendung dieses Features! Man muß sich ganz sicher sein, daß die Ursachenangabe auch wirklich vollständig ist!

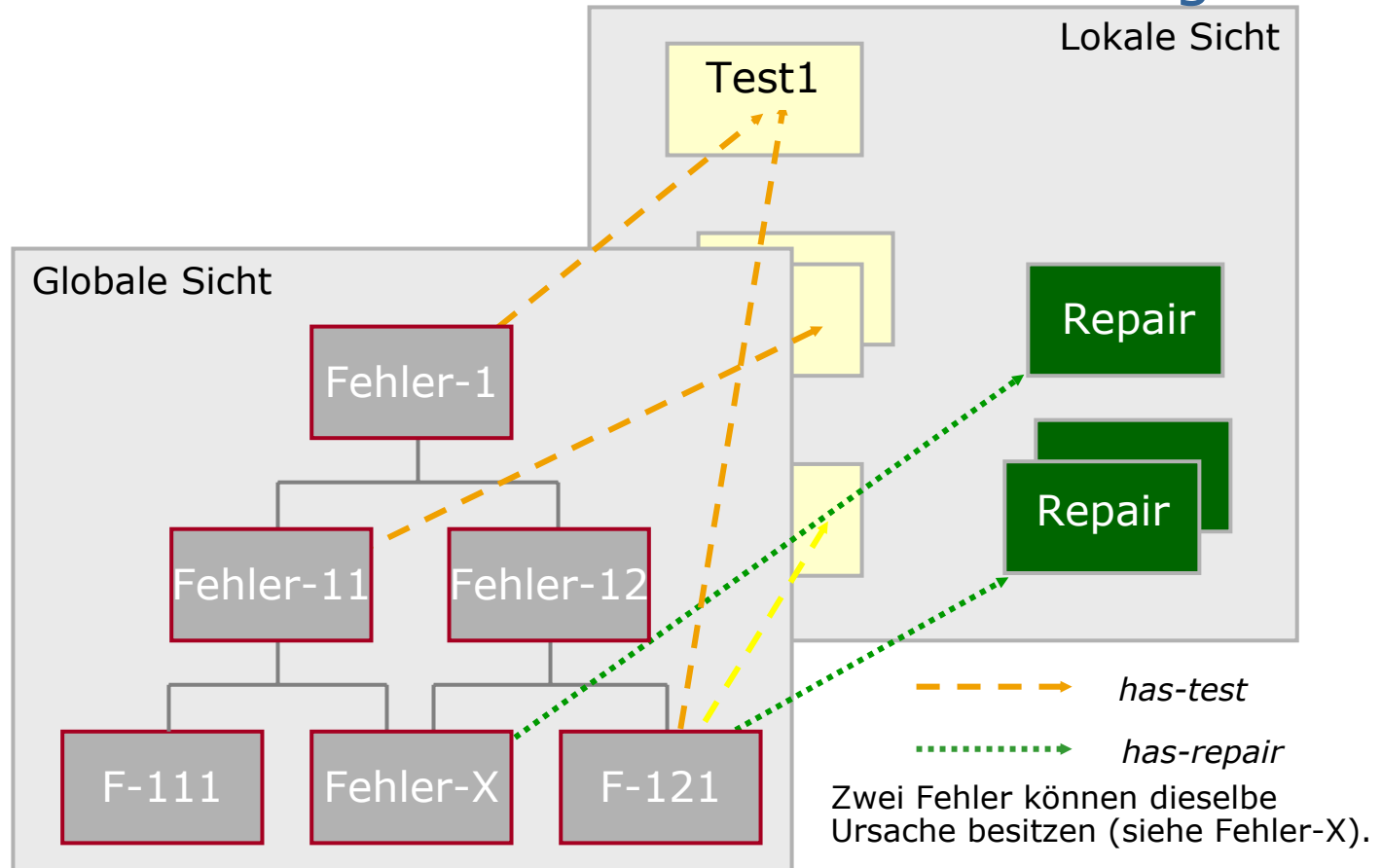


- Die Fehler „*Batteriekabel lose*“ und „*Batterie leer*“ wurden widerlegt (*disconfirmed*). Der Fehler „*Batterie defekt*“ kann nun automatisch bestätigt (*confirmed*) werden, wenn die Ursachen vollständig angegeben sind.

Tests können mehrere Fehler bestätigen

Auch Tests können mehreren Fehlerobjekten zugeordnet sein. Im Beispiel ist das Testobjekt Test1 den Fehlern *Fehler1* sowie dem *F121* zugeordnet. Das Ergebnis einer Testausführung wird sofort an alle assoziierten Objekte propagiert.

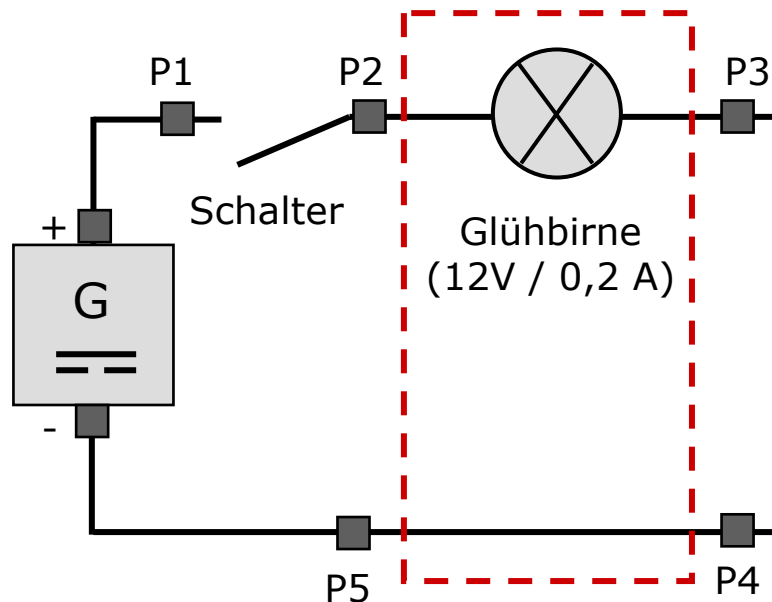
Tatsächlich sind die Fehlerhierarchien keine Bäume, sondern sogenannte gerichtete, zyklensfreie, zusammenhängende Graphen. (Bei einem Baum besitzt jedes Objekt außer dem Wurzelobjekt genau ein Vaterobjekt). Da zur Darstellung des Diagnosemodells die Baumdarstellung verwendet wird, ist jedoch die Bezeichnung Fehlerbaum naheliegend.



- Tatsächlich sind die Fehlerhierarchien keine Bäume, sondern sogenannte gerichtete, zyklensfreie, zusammenhängende Graphen. (Bei einem Baum dagegen besitzt jedes Objekt außer dem Wurzelobjekt genau ein Vaterobjekt).
- Da zur Darstellung von Fehlermodellen bevorzugt die Baumdarstellung verwendet wird, ist jedoch die Bezeichnung Fehlerbaum naheliegend.

Ein Anwendungsbeispiel

Spannungs-
Quelle
(12 V)



■ Meßpunkte &
Steckver-
bindungen

- Wie könnte ein geeigneter Fehlerbaum aussehen?
- Annahme: keine Mehrfachfehler

- Symptom: Die Birne leuchtet – auch bei geschlossenem Schalter – nicht. (Ann.: Birne brennt nicht bei weniger als 5V.)
- Mögliche Ursachen:
 - ◆ Schalter defekt
 - ◆ Glühbirne defekt
 - ◆ Spannungsquelle defekt
 - ◆ Kabel defekt
- Randbedingungen:
 - ◆ Der rot umrandete Teil des Stromkreises sei sehr schlecht zugänglich.
 - ◆ Geräte für URI-Messungen sind verfügbar.
 - U ~ Spannung
 - I ~ Strom
 - R ~ Widerstand

Fehlerbaum zum Anwendungsbeispiel

