Neuerungen in V6.5
Funktionale Sicherheit & Graph-Editor

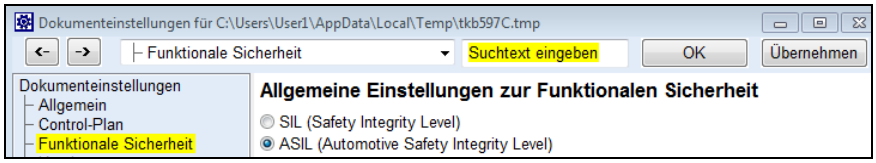
2013-05-29

1 Neuerungen im Bereich Funktionale Sicherheit

1.1 Festlegung der Norm: IEC 61508 oder ISO 26262

Die IQ-Software unterstützt bislang die beiden Normen *IEC 61508* und *ISO 26262* im Bereich Funktionale Sicherheit. In den entsprechenden Softwaredialogen erfolgte bislang keine Unterscheidung zwischen beiden Normen. Deshalb haben einige Eingabefelder eine Doppelbenennung (z.B. *SIL/ASIL*) und der Benutzer muss sich die Bedeutung aus dem aktuellen Kontext schließen (vgl. **Abb.**).

Nun können Sie in den `Dokumenteinstellungen` (Menü **`Extras`** | `Dokumenteinstellungen`) in der Rubrik `Funktionale Sicherheit` per Radio-Button wählen, welche der beide Normen für Ihre Analyse zu Grunde liegen soll (vgl. **Abb.**).



Im Ergebnis entsprechen die Hinweistexte zu den Eingabefeldern der eingestellten Norm (z.B. statt *SIL/ASIL* jetzt *ASIL*). Außerdem öffnet ein Klick auf den Button Kein Eintrag den jeweils zur Norm zugehörigen *Risikographen*. In diesem wählen Sie die gewünschte *SIL- bzw. ASIL-Einstufung* mit der Maus und bestätigen mit Ok. Die nachfolgenden **Abbildungen** zeigen für beide Normen jeweils den Eingabedialog sowie den Risikographen.

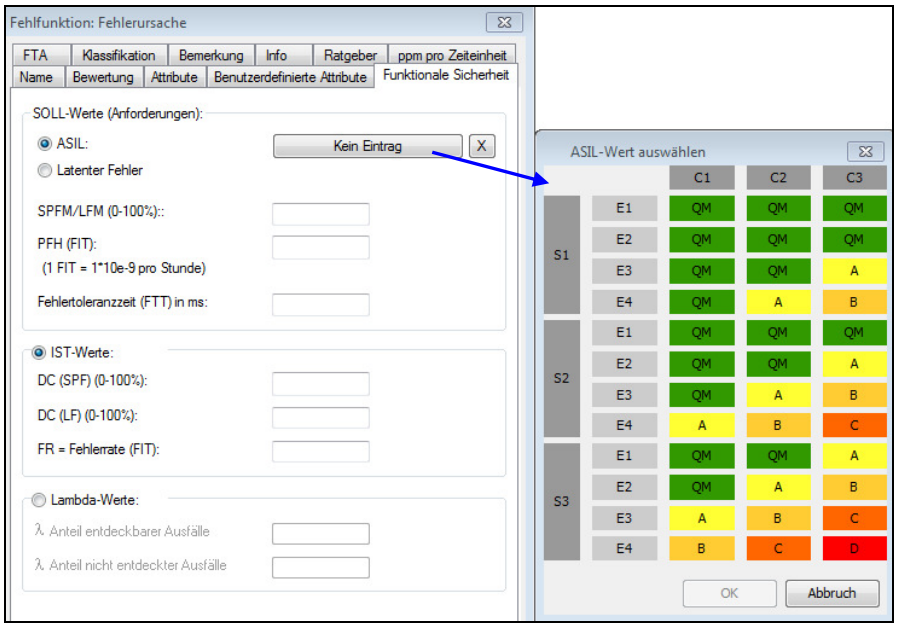


Abb. 1: Eingabedialog und Risikograph für ISO 26262

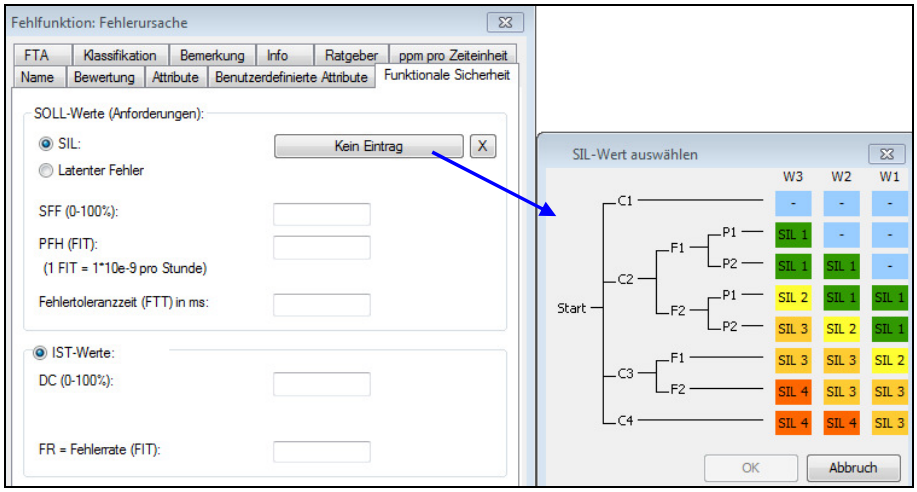


Abb. 2: Eingabedialog und Risikograph für IEC 61508

Durch Klick auf den Kreuz-Button widerrufen Sie eine bereits zugewiesene SIL- bzw. ASIL-Einstufung und setzen den Status wieder auf *Kein Eintrag*.

1.2 Fehlerrate für Systemelement

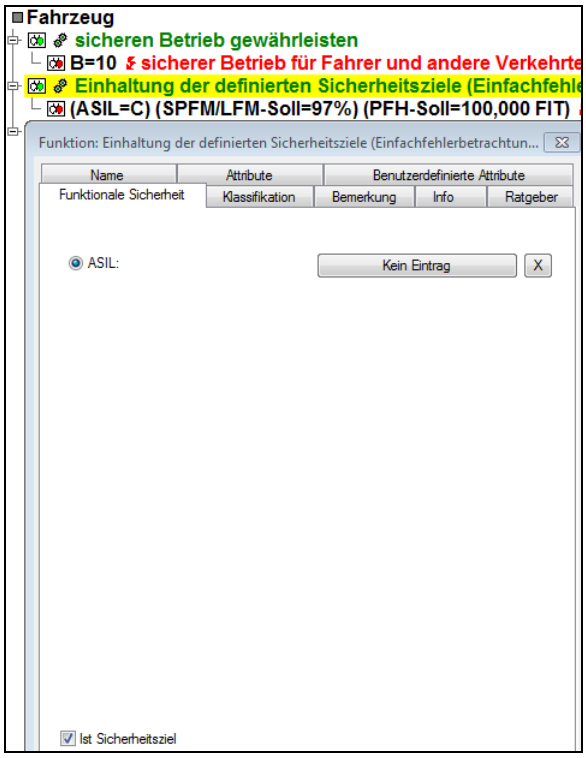
Im `FMEDA-Formblatt` können Sie bereits für ein Systemelement eine Bauteilfehlerrate definieren, indem Sie in der Spalte *FIT* den gewünschten Wert eingeben. Diese Information ist bislang aber nur im `FMEDA-Formblatt` verfügbar. Jetzt können Sie die sogenannte *Bauteilfehlerrate* auch über den **`Eigenschaftendialog`** des jeweiligen Systemelements definieren. Hierzu markieren das gewünschte Systemelement in einem beliebigen Editor und wählen aus dem Kontextmenü den Eintrag **`Eigenschaften`**. In der Registerkarte *Funktionale Sicherheit* definieren Sie anschließend die Fehlerrate. Sofern Sie die Anzeigeoption `Parameter Funktionale Sicherheit` in dem aktuellen Editor aktiviert haben, sehen Sie auch die Bauteilfehlerrate. In der Strukturliste z.B. wird die Fehlerrate dem Systemelementnamen in Klammern vorangestellt (vgl. **Abb.**)

1.3 Funktion als Sicherheitsziel definieren sowie SIL-/ASIL-Einstufung

In der Regel erfassen Sie die in der Gefährdungs- und Risikoanalyse abgeleiteten Sicherheitsziele mittels Funktionen in der IQ-Software. Vor allem der neue Editor `Graph Editor` bietet zahlreiche Filtermöglichkeiten in Bezug auf Sicherheitsziele. Damit die IQ-Software zwischen Funktionen, welche als Sicherheitsziele fungieren, und "normalen" Funktionen unterscheiden kann, wurde ein neues Attribut namens *Ist Sicherheitsziel* im **`Eigenschaftendialog`** (Registerkarte *Funktionale Sicherheit*) einer Funktion geschaffen.

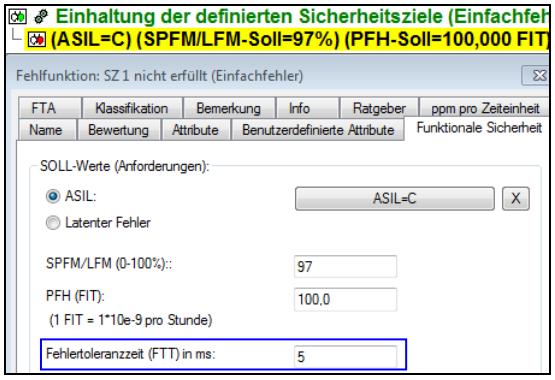
Zunächst erfassen Sie das gewünschte Sicherheitsziel durch eine Funktion. Anschließend wählen Sie aus dem Kontextmenü den Eintrag **`Parameter Funktionale Sicherheit`**. Durch Klick auf den Button Kein Eintrag können Sie über den erscheinenden Risikographen eine *SIL- bzw. ASIL-Einstufung* vornehmen. Dies ist eine *optionale* Möglichkeit, welche keine Auswirkung auf die Berechnungen zur Funktionalen Sicherheit hat!

Sie definieren eine Funktion als Sicherheitsziel, indem Sie die Option `Ist Sicherheitsziel` anhaken (vgl. **Abb.**). Alle zugehörigen Fehlfunktionen gelten nun für die IQ-Software als *gefährliche sicherheitskritische Fehlfunktionen* (im `Graph Editor` abgekürzt als *DSCF*). Alle Filtermöglichkeiten zur Funktionalen Sicherheit im `Graph Editor` basieren direkt oder indirekt auf dem Funktionsattribut *Ist Sicherheitsziel*. Zur erfolgreichen Nutzung müssen Sie also konsequent bei den betreffenden Funktionen dieses Attribut durch Anhaken aktivieren. Der `Graph Editor` an sich wird in einem eigenen Kapitel genauer erläutert.



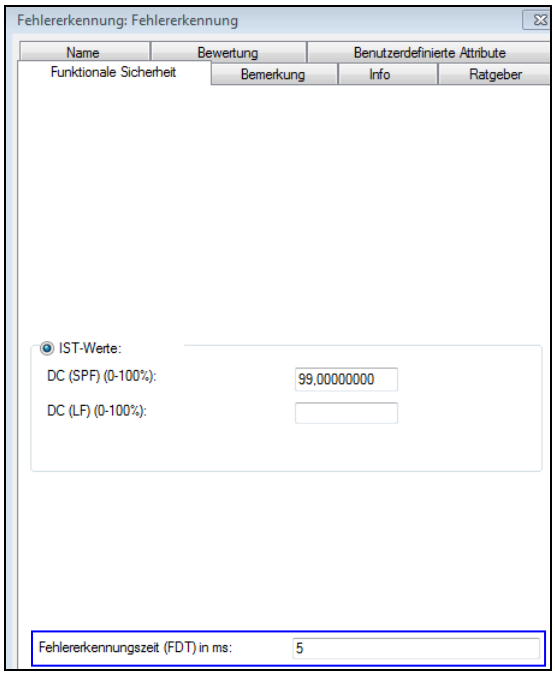
1.4 Fehlertoleranzzeit sowie Fehlererkennungs- und Fehlerreaktionszeit definieren

Für die Berechnung der quantitativen Kenngrößen zur Funktionalen Sicherheit erfassen Sie die Sicherheitsziele negiert als Topfehlfunktion und definieren anschließend über den Kontextmenübefehl `Parameter Funktionale Sicherheit` die Soll-Werte. Als weiteren Soll-Wert können Sie dabei nun auch die sogenannte *Fehlertoleranzzeit* (FTT) vorgeben (vgl. **Abb.**). Innerhalb dieser Zeitvorgabe müssen alle an dem Sicherheitsmechanismus beteiligten Funktionen beendet sein.



Wird die Zeitvorgabe durch den Sicherheitsmechanismus überschritten, so gilt das Sicherheitsziel als verletzt.

In der Regel besteht ein Sicherheitsmechanismus aus einer sogenannten *Fehlererkennung* sowie einer *Fehlerreaktion*. Beide werden jeweils aus einer Funktion abgeleitet und können in der IQ-Software als eigenständige Objekte in die Fehlernetze integriert werden. Für deren Ausführung wird jeweils eine gewisse Zeit benötigt. Daher können Sie für das Objekt *Fehlererkennung* eine *Fehlerkennungszeit* und für das Objekt *Fehlerreaktion* eine *Fehlerreaktionszeit* definieren. Hierzu markieren Sie das entsprechende Objekt, wählen den Kontextmenübefehl `Parameter Funktionale Sicherheit` und geben die Zeit im entsprechenden Eingabefeld (Fehlererkennungszeit bzw. Fehlerreaktionszeit) ein (vgl. **Abb.**).



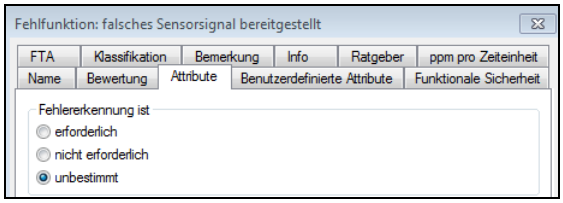
Im `Graph Editor` ist es später möglich einen *Soll-/Ist-Vergleich* für die Zeit durchzuführen. Dabei vergleicht die IQ-Software nach folgender Formel:

FTT ≤ dem eingehenden Fehlerpfad mit der **maximalen** (Zeit-)Summe von Fehlererkennungszeit(en) und Fehlerreaktionszeit(en)

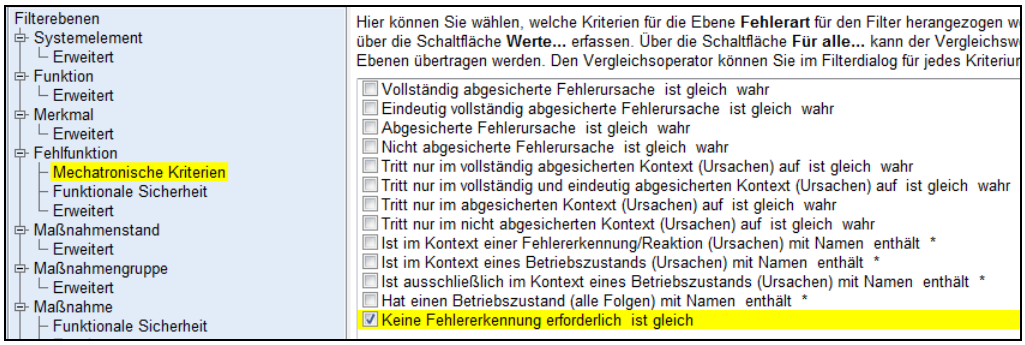
Falls Sie aus **einer** Funktion **mehrere** Fehlererkennungen oder Fehlerreaktionen ableiten, besteht die Möglichkeit, für die Funktion im Bereich `Parameter Funktionale Sicherheit` eine *Verarbeitungszeit* zu definieren. Diese wird dann als *Fehlererkennungszeit* an alle zugehörigen Fehlererkennungen oder als *Fehlerreaktionszeit* an alle zugehörigen Fehlerreaktionen vererbt. Somit müssen Sie nicht bei jeder Fehlererkennung bzw. jeder Fehlerreaktion einzeln die Zeit definieren. Die Vererbung der Verarbeitungszeit erfolgt nur dann, wenn bei der Fehlererkennung noch **keine** Fehlererkennungszeit bzw. bei der Fehlerreaktion noch **keine** Fehlerreaktionszeit vorhanden ist.

1.5 Attribut: Fehlererkennung erforderlich / nicht erforderlich

In Ihren Fehlernetzen haben Sie eine Vielzahl von Fehlern, für die Sie im Rahmen der Funktionalen Sicherheit entscheiden müssen, ob ein Sicherheitsmechanismus erforderlich ist oder nicht. Daher können Sie jetzt bei einer Fehlfunktion für die Notwendigkeit einer Fehlererkennung über das Attribut *Fehlererkennung ist* zwischen den drei Zuständen *erforderlich*, *nicht erforderlich* und *unbestimmt* wählen. Hierzu markieren Sie die entsprechende Fehlfunktion, wählen aus dem Kontextmenü den Eintrag **`Eigenschaften`** und wechseln anschließend in die Registerkarte *Attribute*. Mittels Radio-Button aktivieren Sie den gewünschten Zustand (vgl. **Abb.**).



Dieses Attribut hat keinerlei Auswirkung auf die Berechnungen zur Funktionalen Sicherheit! Sie können sich aber Filter erstellen, welche nach allen Fehlfunktionen suchen, die eine Fehlererkennung erfordern bzw. nicht erfordern. Hierzu wurde für die Filterebene *Fehlfunktion* unter der Rubrik *Mechatronische Kriterien* das neue Kriterium `Keine Fehlererkennung erforderlich ist gleich` aufgenommen (vgl. **Abb.**).



2 Graph Editor

Der `Graph Editor` ist ein *neuer* zusätzlicher Editor, welcher sowohl Strukturzusammenhänge als auch Funktions- bzw. Fehlernetzzusammenhänge darstellen kann. Er vereint somit die drei Editoren `Strukturbaum`, `Funktionsnetz` und `Fehlernetz` in einem Editor. Vor allem bei den Analysen im Bereich Funktionale Sicherheit und mechatronische Systeme hat sich gezeigt, dass ein *ganzheitliches* Analysewerkzeug notwendig ist. Der `Graph Editor` bietet je nach Kontext zahlreiche Analysemöglichkeiten, welche weit über die bisher bekannten Funktionalitäten der IQ-Software hinaus gehen. Dies zeigt sich vor allem bei der Darstellung und Analyse von Funktions- bzw. von Fehlfunktionszusammenhängen.

Ein Funktionsnetz stellt Ihnen immer nur einen *begrenzten* Ausschnitt der Zusammenhänge bezogen auf eine Fokusfunktion dar. In der Regel sehen Sie zeitgleich immer nur **ein** Funktionsnetz. Ist eine Funktion dieses Funktionsnetzes auch zu anderen Funktionen verknüpft, welche nicht Bestandteil des gerade sichtbaren Funktionsnetzes sind, so erhält diese Funktion einen gestrichelten Rahmen als Hinweis für Sie. Aufgrund dieser Tatsache werden derartige Funktionen über die verschiedenen Funktionsnetze **mehrfach** dargestellt. Der sogenannte `Funktions-Graph` zeigt Ihnen das **Gesamtbild** der Funktionszusammenhänge und listet jede Funktion nur **einmal**. Die nachfolgenden **Abbildungen** zeigen Ihnen eine Gegenüberstellung von `Funktionsnetz` und `Funktions-Graph`.

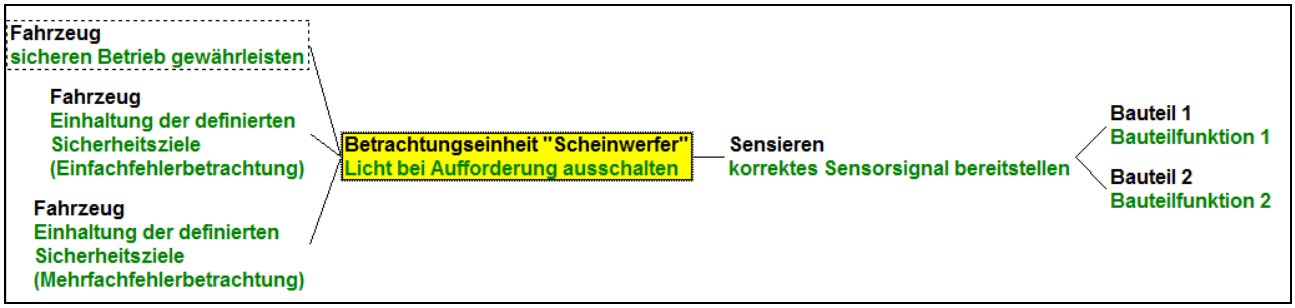


Abb. 1: Funktionsnetz mit Fokusfunktion "Licht bei Aufforderung ausschalten"

In **Abb. 1** hat die Topfunktion *sicheren Betrieb gewährleisten* einen gestrichelten Rahmen. Sie ist also im Minimum noch zu einer weiteren Funktion verknüpft, welche nicht Bestandteil des gerade sichtbaren Funktionsnetzes ist. Um genauere Informationen dazu bekommen zu können, müssten Sie im `Funktionsnetz` jetzt die Topfunktion *sicheren Betrieb gewährleisten* zum Fokuselement machen und somit ein anderes Funktionsnetz öffnen.

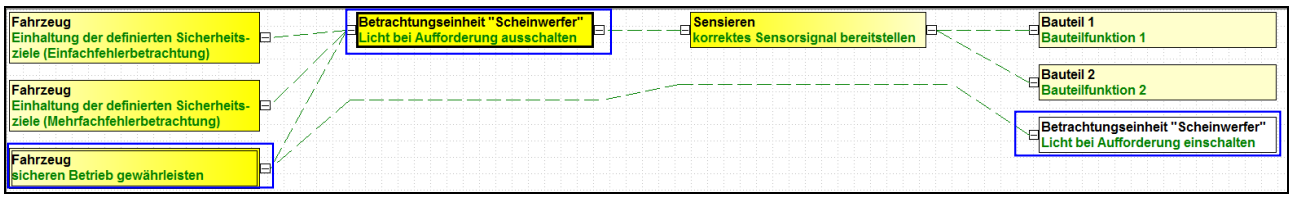


Abb. 2: Funktions-Graph mit Fokusfunktion "Licht bei Aufforderung ausschalten"

Die **Abb. 2** zeigt für den gleichen Funktionszusammenhang den `Funktions-Graphen`. Da in einem Funktions-Graphen jede Funktion nur **einmal** dargestellt wird, sehen Sie sämtliche bestehenden Verknüpfungen der Topfunktion *sicheren Betrieb gewährleisten.* Im Gegensatz zum oberen Funktionsnetz sieht man also auch die Verknüpfung zur Funktion *Licht bei Aufforderung ausschalten*.

Auch ein Fehlernetz stellt Ihnen immer nur einen *begrenzten* Ausschnitt der Zusammenhänge bezogen auf eine Fokusfehlfunktion dar. In der Regel sehen Sie zeitgleich immer nur **ein** Fehlernetz. Ist eine Fehlfunktion dieses Fehlernetzes auch zu anderen Fehlfunktionen verknüpft, welche nicht Bestandteil des gerade sichtbaren Fehlernetzes sind, so erhält diese Fehlfunktion einen gestrichelten Rahmen als Hinweis für Sie. Aufgrund dieser Tatsache werden derartige Fehlfunktionen über die verschiedenen Fehlernetze **mehrfach** dargestellt. Der sogenannte `Fehler-Graph` zeigt Ihnen das **Gesamtbild** der Fehlfunktionszusammenhänge und listet jede Fehlfunktion nur **einmal**. Die nachfolgenden **Abbildungen** zeigen Ihnen eine Gegenüberstellung von `Fehlernetz` und `Fehler-Graph`.

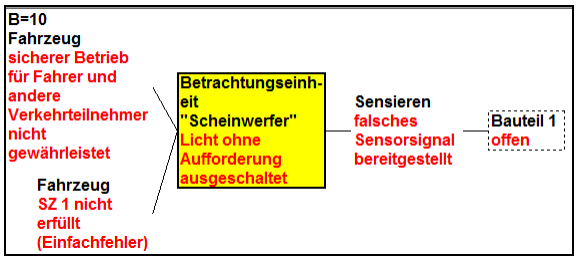


Abb. 3: Fehlernetz mit Fokusfehlfunktion "Licht ohne Aufforderung ausgeschaltet"

In **Abb. 3** hat der Basisfehler *offen* einen gestrichelten Rahmen. Er ist also im Minimum noch zu einer weiteren Fehlfunktion verknüpft, welche nicht Bestandteil des gerade sichtbaren Fehlernetzes ist. Um genauere Informationen dazu bekommen zu können, müssten Sie im `Fehlernetz` jetzt den Basisfehler *offen* zum Fokuselement machen und somit ein anderes Fehlernetz öffnen.

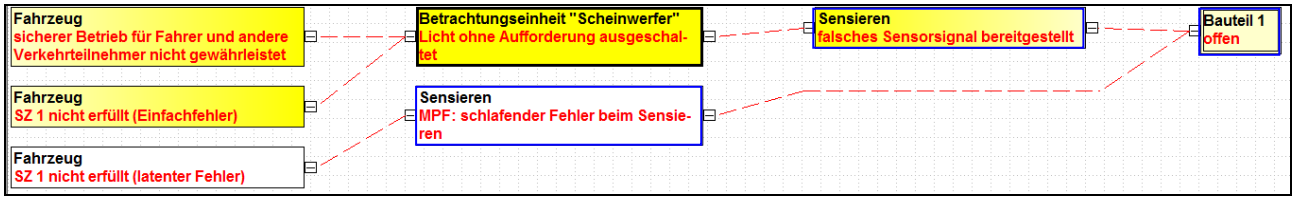


Abb. 4: Fehler-Graph mit Fokusfehlfunktion "Licht ohne Aufforderung ausgeschaltet"

Die **Abb. 4** zeigt für den gleichen Fehlfunktionszusammenhang den `Fehler-Graphen`. Da in einem Fehler-Graphen jede Fehlfunktion nur **einmal** dargestellt wird, sehen Sie sämtliche bestehenden Verknüpfungen des Basisfehlers *offen.* Im Gegensatz zum oberen Fehlernetz sieht man also auch die Verknüpfung zur Fehlfunktion *MPF: schlafender Fehler* sowie deren Folge.

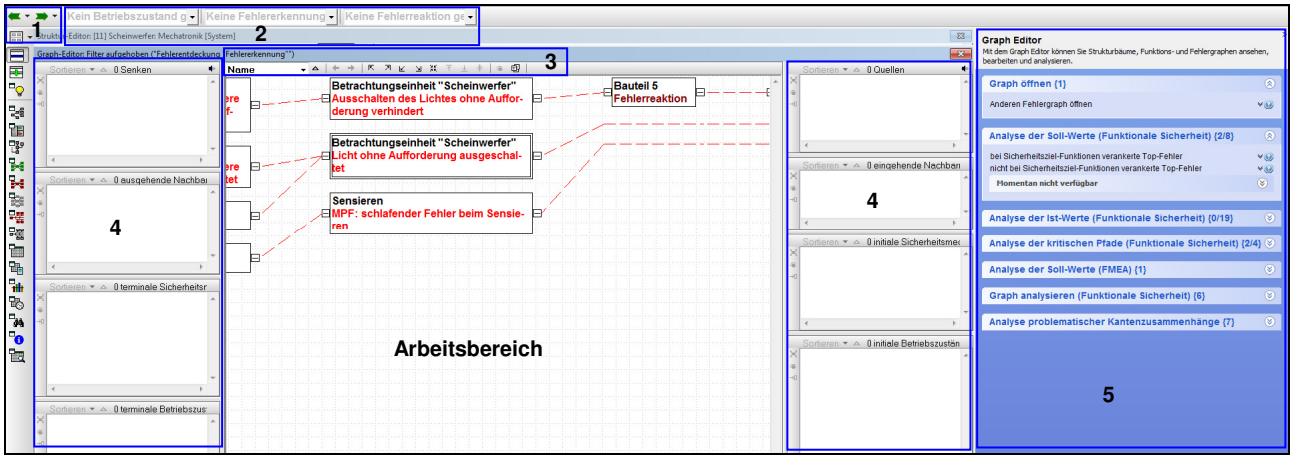
Analog zu Funktions- und Fehlernetzen können auch die Funktions-Graphen sowie die Fehler-Graphen *strukturübergreifend* sein.

In den nachfolgenden Kapitel wird Ihnen der `Graph Editor` schrittweise vorgestellt.

2.1 Graph Editor öffnen

Sie öffnen den `Graph Editor`, indem Sie aus dem Menü **`Editoren`** den Eintrag `Graph Editor` wählen. Alternativ können Sie auch das `Graph Editor`-Icon aus der linken Symbolleiste nutzen.

2.2 Aufbau des Graph Editors



Legende zur Abbildung:

1: Vor- und Zurückpfeil mit Pulldown-Liste zur Auswahl der gewünschten Vorgänger- bzw. Nachfolgesicht

2: Auswahlboxen für Filter zu Betriebszuständen, Fehlererkennungen und Fehlerreaktionen

3: Symbolleiste für Graph Editor

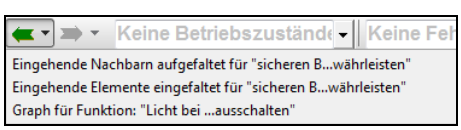
4: maximal 8 seitliche Listen links und rechts vom Arbeitsbereich

5: Vorschlagsliste mit Workflow-Unterstützung

Die einzelnen Punkte der Legende werden nachfolgend genauer erläutert.

2.2.1 Vor- und Zurückpfeil mit Pulldown-Liste

Wie später noch erklärt, können Sie den Datenbestand im Arbeitsbereich gezielt ein- oder auffalten. Immer dann wenn Sie einen Faltbefehl auf den Datenbestand anwenden, erzeugt die IQ-Software einen Eintrag in der Pulldown-Liste für die Vorgängersichten bzw. für die Nachfolgesichten. Indem Sie auf den schwarzen Pfeil rechts neben dem Vorgängerpfeil oder dem Nachfolgerpfeil klicken öffnen Sie die jeweilige Liste (vgl. **Abb.**).



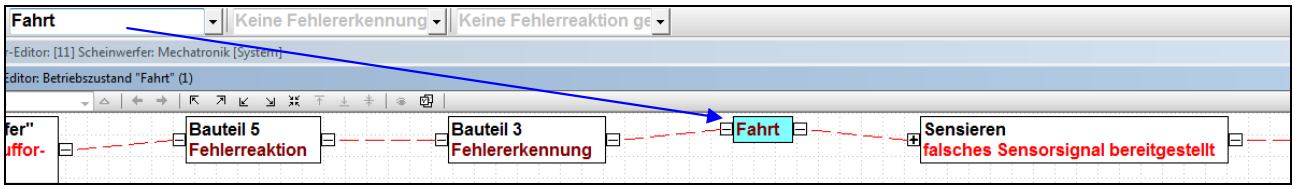
In dieser Liste wählen Sie dann die gewünschte Sicht und diese wird im Arbeitsbereich angezeigt. Über die Listen können Sie schnell gleich **mehrere** Sichten nach vorn bzw. nach hinten gehen.

Der Nachfolgerpfeil ist erst aktiv geschaltet, wenn Sie mit dem Vorgängerpfeil mindestens eine Sicht nach vorn gegangen sind.

2.2.2 Auswahlboxen für Hervorhebungsfilter

Da ein *Fehlergraph* immer das Gesamtbild zeigt, kann dieser sehr schnell sehr groß werden. Um diesen großen Graphen komfortabel filtern zu können, wurden diese drei Auswahlboxen geschaffen mit Hervorhebungsfiltern für *Betriebszustände*, *Fehlererkennungen* und *Fehlerreaktionen*.

Sofern Ihr Fehlergraph also die Objekte *Betriebszustand*, *Fehlererkennung* und/oder *Fehlerreaktion* beinhaltet, sind diese in der Auswahlliste der jeweiligen Auswahlbox gelistet. Durch Auswahl eines Listeneintrages (z.B. der Betriebszustand *Fahrt*) wird dieser im Fehlergraphen türkis hervorgehoben (vgl. **Abb.**). Analog können Sie nach einer bestimmten Fehlererkennung bzw. Fehlerreaktion filtern. Zum Aufheben des Filters wählen Sie in der entsprechenden Auswahlbox den Eintrag `Keinen Betriebszustand gewählt`, `Keine Fehlererkennung gewählt` oder `Keine Fehlerreaktion gewählt`. Alternativ hebt auch das Betätigen der *F6*-Taste den Hervorhebungsfilter auf.

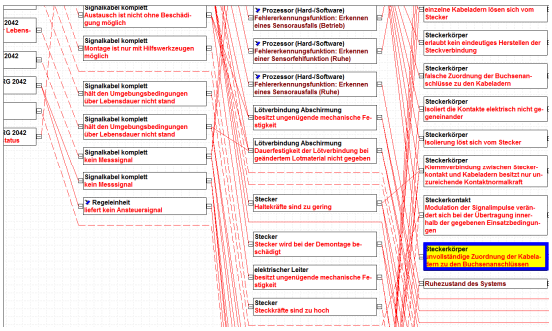
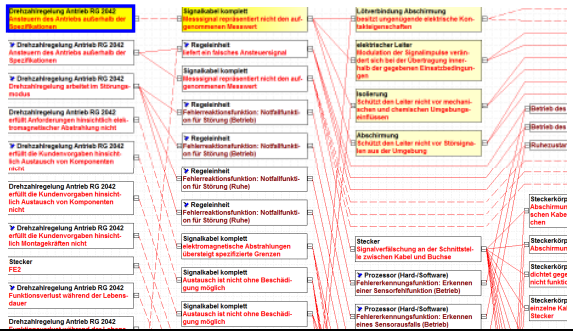
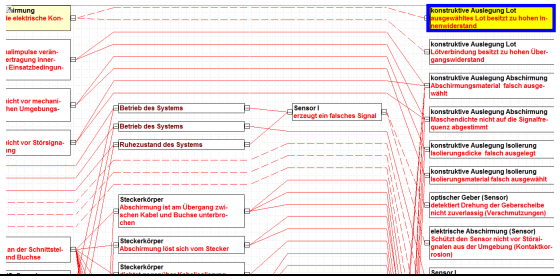


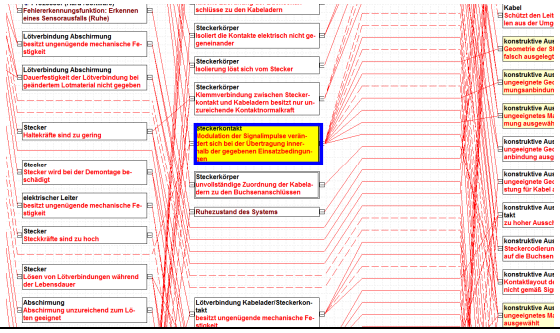
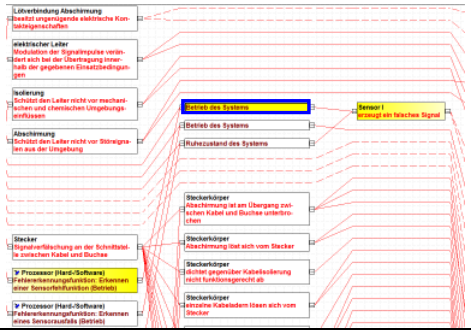
Die Auswahlboxen befinden sich in der Symbolleiste über dem **oberen** Arbeitsbereich. D.h. wenn der `Graph Editor` im zweiten Arbeitsbereich aktiv geschalten wird, dann sind diese Auswahlboxen in der oberen Symbolleiste verfügbar.

2.2.3 Symbolleiste für Graph Editor

Die Inhalte dieser Leiste werden in der folgenden Tabelle von links nach rechts erklärt.

Symbol	Erläuterung
Name	Ein Funktions- oder Fehlergraph hat in der Regel mehrere Topfunktionen bzw. Topfehler. In dieser Auswahlliste können Sie ein Sortierkriterium für deren Reihenfolge definieren. Im Beispiel wurde die Sortierung nach *Name* gewählt. D.h. die Sortierung erfolgt nach dem Alphabet.
oder	Rechts neben der Auswahlbox für das Sortierkriterium sehen Sie eines der beiden Symbole. Durch Klick auf das Symbol wechseln Sie zwischen der auf- und der absteigenden Sortierung.

Symbol	Erläuterung
	Die IQ-Software merkt sich im `Graph Editor` alle Objekte, auf denen Sie einmal den Fokus hatten. Über die Vor- und Zurückpfeile können Sie vom aktuellen Fokuselement zu Vorgänger- bzw. Nachfolgerfokuselementen wechseln. Hinweis: Der Nachfolgerpfeil ist nur aktiv geschaltet, wenn Sie mindestens einmal auf den Vorgängerpfeil geklickt haben.
	 Da die Graphen sehr groß werden können (vgl. **Abb.**), gibt es diverse Icons zur Navigation im Graphen. Dieses Icon wechselt das Fokuselement (blauer Rahmen) auf die linke obere Ecke des Graphen (vgl. **Abb.**). 
	Das Fokuselement wechselt zur rechten oberen Ecke des Graphen (vgl. **Abb**). 
	Das Fokuselement wechselt zur linken unteren Ecke des Graphen.
	Das Fokuselement wechselt zur rechten unteren Ecke des Graphen.

Symbol	Erläuterung
	Das Fokuselement wechselt zur Mitte des Graphen (vgl. **Abb.**). 
	Die Graphendarstellung gruppiert die verschiedenen Objekte in Spalten. Haben Sie ein Element in einer Spalte markiert, so wechselt das Fokuselement durch dieses Icon zum Anfang dieser Spalte (vgl. **Abb.**). 
	Die Graphendarstellung gruppiert die verschiedenen Objekte in Spalten. Haben Sie ein Element in einer Spalte markiert, so wechselt das Fokuselement durch dieses Icon zum Ende dieser Spalte.
	Die Graphendarstellung gruppiert die verschiedenen Objekte in Spalten. Haben Sie ein Element in einer Spalte markiert, so wechselt das Fokuselement durch dieses Icon zur Mitte dieser Spalte.
	Durch Klick auf das Icon öffnet sich der **`Eigenschaftendialog`** für das aktuelle Fokuselement.
	Öffnet die **`Anzeigeoptionen`** des `Graph Editors`. Die Anzahl der Optionen in den Anzeigeoptionen ist abhängig vom aktuellen Graph-Typ (*Strukturgraph*, *Funktions-Graph*, *Fehler-Graph*). Die maximale Optionenanzahl bietet der Fehler-Graph.

2.2.4 Seitliche Listen links und/oder rechts vom Arbeitsbereich

Die Graphen werden schnell sehr groß. Befinden Sie sich nun mit dem aktuellen Fokuselement irgendwo in den mittleren Spalten, müssten Sie relativ lange auf der x-Achse nach links bzw. rechts scrollen, um beispielsweise alle verknüpften Topfehler oder alle verknüpften Basisfehler sehen zu können. Stattdessen zeigen Ihnen die verschiedenen seitlichen Listen bestimmte Kontextinformationen zum aktuellen Fokuselement.

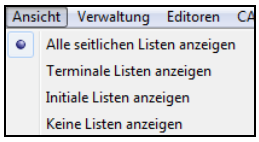
In den **`Anzeigeoptionen`** des `Graph Editor` (Menü **`Ansicht`** | `Anzeigeoptionen`) definieren Sie in der Rubrik `Seitliche Listen-Optionen` durch Anhaken, welche Listen Sie jeweils haben wollen. Die verfügbaren Listen in den Anzeigeoptionen sind abhängig vom aktuellen Graphen-Typen (*Strukturgraph*, *Funktions-Graph*, *Fehler-Graph*). Der Fehlergraph bietet maximal 8 Listen. Für den Struktur-Graph und den Funktions-Graph gibt es maximal 4 Listen.

Die nachfolgende **Tabelle** erläutert den Zweck der 8 Listen. Grundsätzlich beziehen sich die **linken** seitlichen Listen auf die Kontextinformationen im Graphen *links* vom Fokuselement (auch als *Senke*, *terminal* bzw. *ausgehend* bezeichnet). Die **rechten** seitlichen Listen sind für die Kontextinformationen im Graphen *rechts* vom Fokuselement (auch als *Quelle*, *initial* bzw. *eingehend* bezeichnet).

Listenname	**Erläuterung**
Senken	Zeigt für das Fokuselement alle Topelemente (Wurzelelement, Topfunktionen oder Topfehler).
Ausgehende Nachbarn	Listet für das Fokuselement alle direkt verknüpften Elemente in Folgenrichtung (eine Ebene nach links).
Terminale Sicherheitsmechanismen	Als Sicherheitsmechanismus gelten die Objekte *Fehlererkennung* und *Fehlerreaktion.* Sofern ausgehend vom Fokuselement in **Folgenrichtung** Fehlererkennungen und/oder Fehlerreaktionen vorhanden sind, so werden diese gelistet.
Terminale Betriebszustände	Falls ausgehend vom Fokuselement in **Folgenrichtung** Betriebszustände vorhanden sind, so werden diese gelistet.
Quellen	Zeigt für das Fokuselement alle Basiselemente (jeweils letzte Strukturebene, Basisfunktionen oder Basisfehler (Grundursachen)).
Eingehende Nachbarn	Listet für das Fokuselement alle direkt verknüpften Elemente in Ursachenrichtung (eine Ebene nach rechts).

Listenname	Erläuterung
Initiale Sicherheitsmechanismen	Als Sicherheitsmechanismus gelten die Objekte *Fehlererkennung* und *Fehlerreaktion.* Sofern ausgehend vom Fokuselement in **Ursachenrichtung** Fehlererkennungen und/oder Fehlerreaktionen vorhanden sind, so werden diese gelistet.
Initiale Betriebszustände	Falls ausgehend vom Fokuselement in **Ursachenrichtung** Betriebszustände vorhanden sind, so werden diese gelistet.

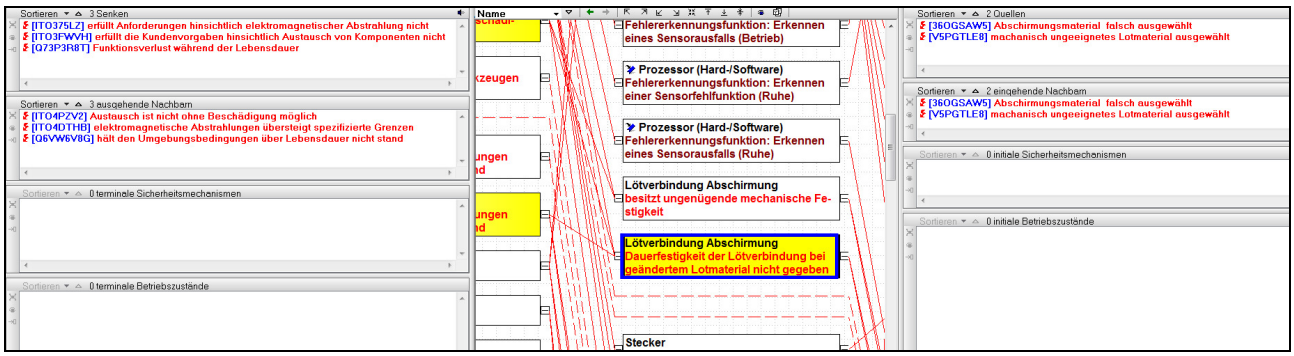
Bitte beachten Sie, dass die Auswahl dieser Listen in den **`Anzeigeoptionen` nur** bestimmt, welchen **Inhalt** die Listen haben sollen. Damit Sie die Listen auch sehen, müssen Sie diese wie gewünscht im Menü `Ansicht` des `Graph Editors` ein- bzw. ausblenden, indem Sie den entsprechenden Eintrag wählen (vgl. **Abb.**).



Die folgende **Abbildung** zeigt für einen Fokusfehler die zugehörigen Listeneinträge links und rechts vom Arbeitsbereich. Die Titelzeile der jeweiligen Liste gibt Auskunft über die Anzahl der Listeneinträge (z.B. *3 Senken*).

In den linken Listen sehen Sie nacheinander: 3 Topfehler, 3 direkte Fehlerfolgen, keine ausgehenden Sichermechanismen und auch keine ausgehenden Betriebszustände

Die rechten Listen zeigen nacheinander: 2 Basisfehler (Grundursachen), 2 direkte Ursachen, keine eingehenden Sichermechanismen und auch keine eingehenden Betriebszustände



Seitliche Listen abdocken

In der **Abbildung** sieht man schon, dass der Bildschirmplatz mit den seitlichen Listen relativ knapp wird. Daher können Sie sowohl die linken als auch die rechten seitlichen Liste durch Klick auf das PIN-Nadel-Icon abdocken. Nach dem Abdocken lassen sich die seitlichen Listen mit der Maus beliebig verschieben und somit auch auf einen zweiten Bildschirm ablegen. Durch ein erneutes Klicken auf das Icon werden die Listen wieder angedockt.

Listeneinträge zum Synchronisieren nutzen

Nachdem Sie einen Listeneintrag markiert haben, können Sie aus dem Menü **`Fenster`** die Befehle `Synchronisieren unten` bzw. `Synchronisieren oben` nutzen und so in den oberen bzw. unteren Arbeitsbereich synchronisieren. Für Power-User bieten sich die Shortcuts (*`Strg+Q`* bzw. *`Umschalt+Strg+Q`*) für diese Befehle an.

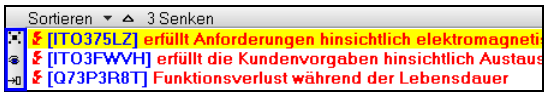
Auch aus den *abgedockten* Listen ist eine Synchronisation möglich.

Listeneinträge sortieren

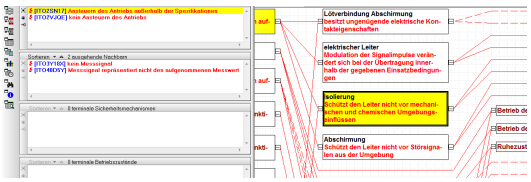
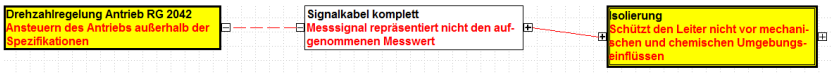
Über jeder Liste (Sortieren) führt ein Klick auf die Pfeile zur ab- bzw. aufsteigenden Sortierung der Einträge dieser Liste. Der schwarz gefärbte Pfeil zeigt die aktuelle Sortierreihenfolge.

Weitere Optionen für Listeneinträge

Sobald Sie in einer Liste einen Eintrag markiert haben, werden bei dieser Liste im linken Bereich drei Icons aktiv geschalten (vgl. **Abb.**).



Deren Bedeutung finden Sie in der folgenden **Tabelle**.

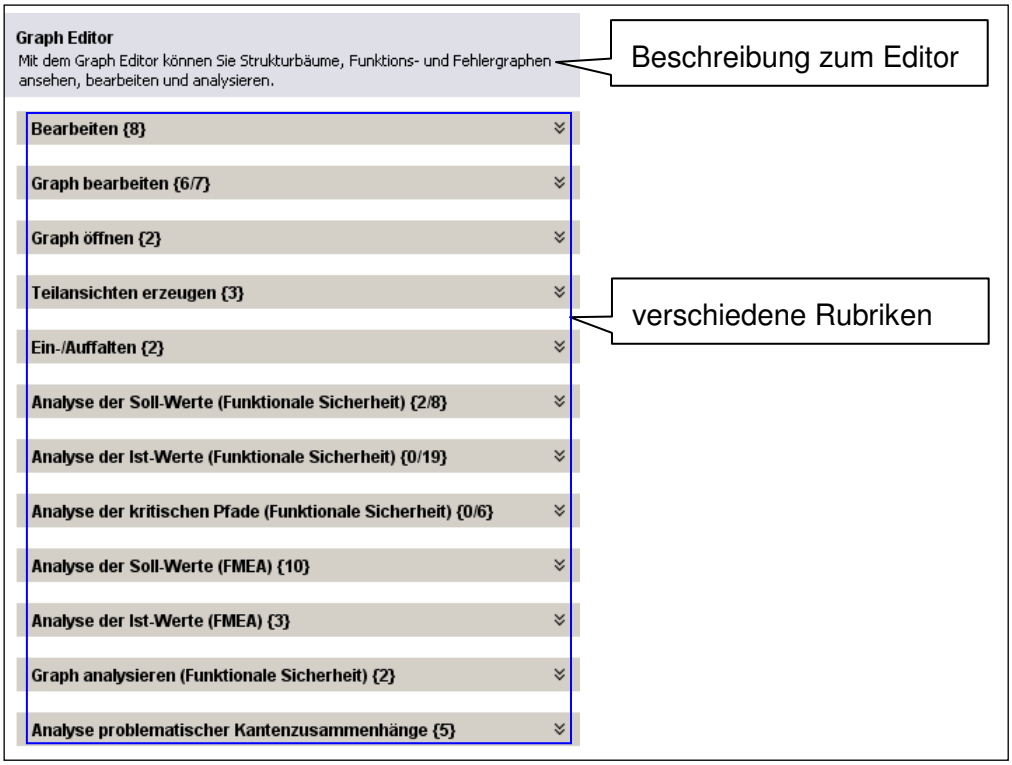
Symbol	Erläuterung
	Faltet den aktuellen Graphen so, dass nur noch der Verbindungspfad zwischen dem markierten Listeneintrag und dem aktuellen Fokuselement dargestellt wird (vgl. **Abb.** vorher und nachher).   Man sieht nur noch die Verbindung vom Listeneintrag *Ansteuern des Antriebs außerhalb Spezifikation* zum Fokuselement *Schützt Leiter nicht vor mechanischen und chemischen Einflüssen*. Die Plussymbole links und rechts eines Objektes geben Ihnen einen Hinweis, dass in der aktuellen Sicht Objekte eingefaltet sind.
	Dieses Icon öffnet den **`Eigenschaftendialog`** für den markierten Listeneintrag.
	Das Icon führt im Graphen zu einem Wechsel des Fokuselements hin zum Listeneintrag.

2.2.5 Vorschlagsliste mit Workflow-Unterstützung

In der IQ-Software können Sie verschiedenste Bedienkonzepte nutzen, um ihre Daten zu bearbeiten. Hierzu zählen bislang die Menübefehle, die Kontextmenübefehle, die Icons aus den Symbolleisten sowie die Shortcut´s. Je nach Editor und Kontext sind die Menülisten ggf. recht umfangreich und es ist vor allem für Neueinsteiger nicht immer klar, was ein bestimmter Befehl bewirkt.

Daher gibt es nun ein weiteres Bedienkonzept für den `Graph Editor` namens **`Vorschlagsliste`**. Die (De-)Aktivierung erfolgt im Menü **`Fenster`**, indem Sie auf die Option `Vorschläge anzeigen` klicken. Im Ergebnis erhalten Sie im `Graph Editor` an der rechten Seite die Vorschlagsliste. Alternativ können Sie auch in der Titelzeile des `Graph Editor` ganz rechts auf das Doppelpfeilsymbol klicken, um die Vorschlagsliste zu aktivieren (vgl. **Abb.**). Zum schnellen Schließen einer vorhandenen Vorschlagsliste klicken Sie wieder auf das Doppelpfeilsymbol **.**

Zu Beginn der Vorschlagsliste wird Ihnen kurz der Sinn und Zweck des Graph Editors beschrieben. Anschließend unterteilt sich die Liste in verschiedene Rubriken (vgl. **Abb.**). Welche Rubriken dargestellt werden, ist abhängig vom derzeitigen Fokuselement. Die Rubriken sind aus Platzgründen zunächst eingefaltet.

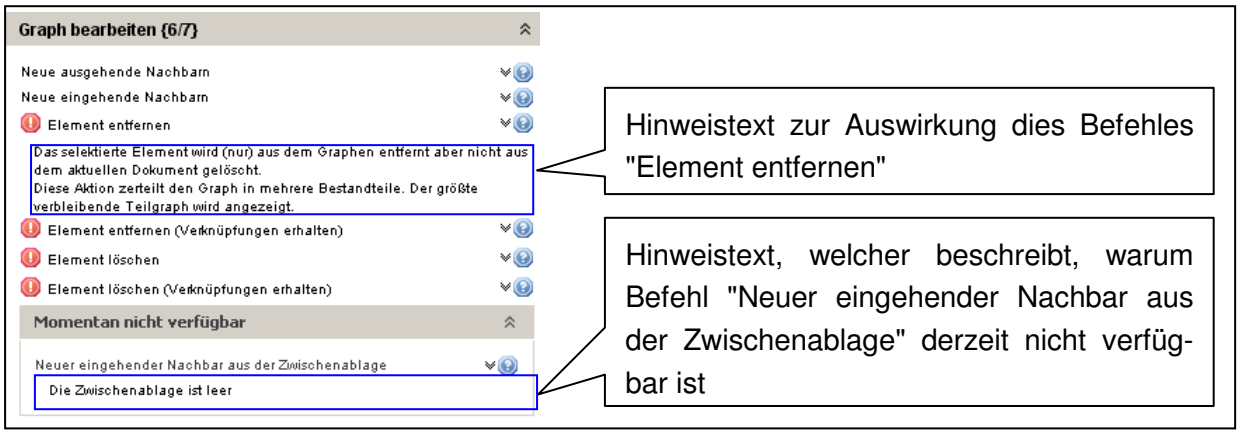


Bei jeder Rubrik sehen Sie in den geschweiften Klammern wie viele Befehle darin zur Verfügung stehen. Hierfür gelten die folgenden Interpretationsregeln:

- Sofern alle Befehle der Rubrik im aktuellen Kontext verfügbar sind, so erscheint in der geschweiften Klammer nur **eine** Zahl. *Teilansichten erzeugen {3}* bedeutet also, alle möglichen Befehle dieser Rubrik sind nutzbar.

- Sofern nur eine Teilmenge von den Befehlen der Rubrik im aktuellen Kontext verfügbar ist, so erscheint in der geschweiften Klammer **wie viele** Befehle aus der Gesamtmenge. *Graph bearbeiten {6/7}* bedeutet also, von den 7 möglichen Befehlen dieser Rubrik sind 6 nutzbar. *Analyse der Ist-Werte (Funktionale Sicherheit) {0/19}* hingegen besagt, dass **kein** Befehl von den 19 möglichen Befehlen dieser Rubrik verwendet werden kann.

Diese Angabe zur Befehlsanzahl gibt Ihnen also einen Hinweis, welche Rubriken im aktuellen Kontext relevant sind. Durch Klick auf den Doppelpfeil bei der jeweiligen Rubrik, können Sie diese aufklappen/auffalten und die zugehörigen Befehle zum Bearbeiten ihrer Daten sehen. Falls Ihnen die Auswirkung eines Befehls unklar ist, so klicken Sie auf das Fragezeichensymbol rechts neben dem Befehl. Nun können Sie sich den Hinweistext zu diesem Befehl durchlesen (vgl. **Abb.**). Je nach Kontext sind zum Teil einige Befehle nicht verfügbar und werden in den "normalen" Menü´s in grau als inaktiv dargestellt. Auch hier ist dem Anwender nicht immer klar, warum dieser Befehl nicht zur Verfügung steht. Sofern bestimmte Befehle im aktuellen Kontext nicht möglich sind, wird in der entsprechenden Rubrik eine Unterüberschrift namens *Momentan nicht verfügbar* gebildet. Durch Betätigen des zugehörigen Doppelpfeils sehen Sie die nicht verfügbaren Befehle. Auch hier erhalten Sie beim Klick auf das Fragezeichensymbol einen Hinweistext, welcher erläutert, warum der Befehl **nicht** zur Verfügung steht (vgl. **Abb.**).



Ist einem verfügbaren Befehl ein rotes Ausrufezeichen vorangestellt, so gilt die Auswirkung dieser Befehls für den aktuellen Kontext als gefährlich. So besagt beispielsweise der Hinweistext des Befehls `Element entfernen`, dass der Graph durch den Befehl in mehrere Bestandteile *zerlegt* wird. Dies ist als eine Art Warnung zu verstehen, ob Sie dies auch wollen.

Workflow-Unterstützung durch die Vorschlagsliste

Neben den bereits bekannten *normalen* Bearbeitungsbefehlen, welche Sie auch in den herkömmlichen Menü´s finden, bietet die Vorschlagsliste des `Graph Editors` für verschiedene Kontexte auch eine *Workflow-Unterstützung*, um Sie gezielt *Schritt für Schritt* durch Ihre Analyse zu führen und Sie so auf etwaige Fehlstellen / Missstände / Inkonsistenzen hinzuweisen.

Je nach Kontext bieten die Befehle aus den folgenden Rubriken eine *Workflow-Unterstützung*:

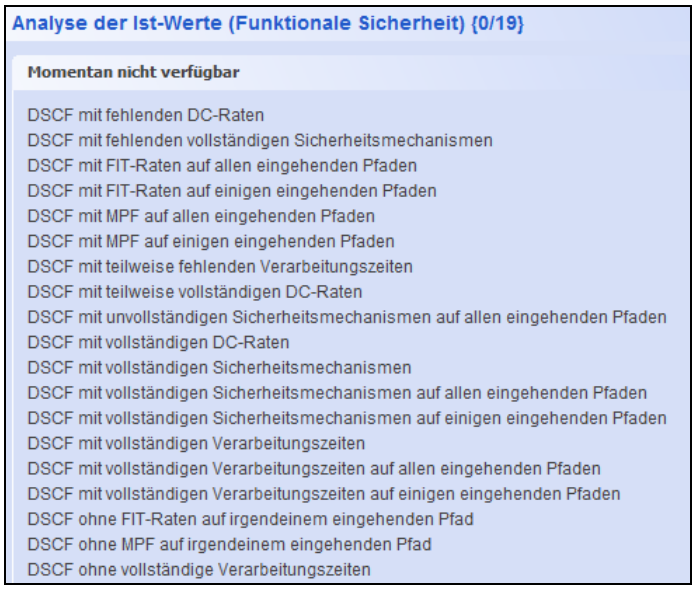
Analyse der Soll-Werte (Funktionale Sicherheit)

Die Befehle dieser Rubrik helfen Ihnen zu prüfen (vgl. **Abb.**), ob für alle relevanten *sicherheitskritischen* Topfehler (in der Vorschlagsliste abgekürzt mit *DSCF*) auch alle notwendigen Soll-Werte (z.B. für ISO 26262: ASIL-Einstufung, SPFM-Wert, LFM-Wert, PFH-Wert) definiert wurden. Falls einer der Befehle *fehlende* Vorgaben entdeckt, bietet Ihnen die Vorschlagsliste darauf basierend weitere Befehle zum gezielten Nachpflegen dieser Informationen. Sie finden diese in der Rubrik *Aktionen für Analyseergebnis*.

Falls Sie nicht durch den Befehlsnamen wissen, was dessen Auswirkung ist, so klicken Sie bitte rechts neben dem Befehl auf das Fragezeichensymbol und lesen sich den erläuternden Hinweistext durch.

Analyse der Ist-Werte (Funktionale Sicherheit)

Die Befehle dieser Rubrik helfen Ihnen zu prüfen (vgl. **Abb.**), ob für alle relevanten sicherheitskritischen Basisfehler sowie ggf. bestehenden Fehlererkennungen und Fehlerreaktionen auch alle notwendigen Ist-Werte (z.B. für ISO 26262: Fehlerrate, DC_{SPF}, DC_{LF}) definiert wurden. Falls einer der Befehle *fehlende* Werte entdeckt, bietet Ihnen die Vorschlagsliste darauf basierend weitere Befehle zum gezielten Nachpflegen dieser Informationen. Sie finden diese in der Rubrik *Aktionen für Analyseergebnis*.



Falls Sie nicht durch den Befehlsnamen wissen, was dessen Auswirkung ist, so klicken Sie bitte rechts neben dem Befehl auf das Fragezeichensymbol und lesen sich den erläuternden Hinweistext durch.

Analyse der kritischen Pfade (Funktionale Sicherheit)

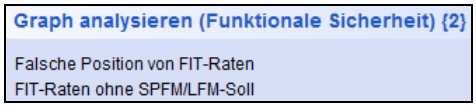
Die Befehle dieser Rubrik helfen Ihnen zu prüfen (vgl. **Abb.**), ob für alle relevanten *sicherheitskritischen* Topfehler die definierten Soll-Werte mit dem aktuellen Design eingehalten werden.

Falls Sie nicht durch den Befehlsnamen wissen, was dessen Auswirkung ist, so klicken Sie bitte rechts neben dem Befehl auf das Fragezeichensymbol und lesen sich den erläuternden Hinweistext durch.

Graph analysieren (Funktionale Sicherheit)

Die Befehle dieser Rubrik bieten Ihnen eine Art *Plausibilitätscheck* für ihre aktuellen Daten (vgl. **Abb.**), um etwaige Inkonsistenzen erkennen zu können.

Falls eine Fehlerrate für eine Fehlfunktion definiert wurde (falsche Position von FIT-Rate), welche kein Basisfehler ist, so wird diese Fehlerrate **nicht** bei den Berechnungen zur Funktionalen Sicherheit berücksichtigt! Es lohnt sich also die Daten daraufhin zu überprüfen.



Falls Sie nicht durch den Befehlsnamen wissen, was dessen Auswirkung ist, so klicken Sie bitte rechts neben dem Befehl auf das Fragezeichensymbol und lesen sich den erläuternden Hinweistext durch.

Analyse der Soll-Werte (FMEA)

Der Befehl dieser Rubrik hilft Ihnen zu prüfen (vgl. **Abb.**), ob für alle Topfehler auch B-Bewertungen definiert wurden. Falls B-Bewertungen fehlen, so können Sie diese komfortabel über den Befehl `B-Bewertungen definieren` aus der Rubrik *Aktionen für Analyseergebnis* gezielt nachpflegen.

2.3 Arbeiten mit zwei Arbeitsbereichen: Strukturbaum und Graph Editor

Wie bereits bekannt, gestattet die IQ-Software das Arbeiten mit zwei Arbeitsbereichen. Sofern Sie bereits eine gewisse Datengrundlage (z.B. Strukturbaum mit Funktions- und Fehlernetzen) haben, können Sie aus dem ersten Arbeitsbereich heraus (z.B. Editor `Strukturbaum`) den `Graph Editor` im zweiten Arbeitsbereich öffnen. Da der Graph Editor nun drei Editoren in sich vereint (`Strukturbaum`, `Funktionsnetz`, `Fehlernetz`), müssen Sie anweisen, welche der drei Sichten (*Struktur-Graph*, *Funktions-Graph*, *Fehler-Graph*) im `Graph Editor` geöffnet werden soll.

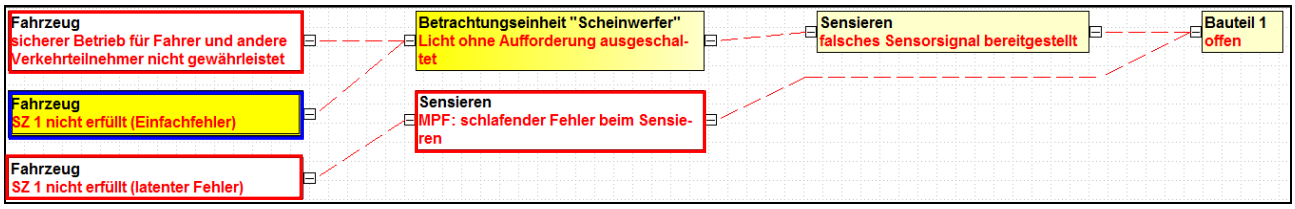
Zum Öffnen der jeweiligen Sicht markieren Sie im oberen Bereich das gewünschte Objekt und wählen aus dem Kontextmenü den Befehl `Browse Component (Graph Editor)` oder den Befehl `Browse Butterfly (Graph Editor)`.

Hierbei gelten die folgenden Grundsätze:

- Wenn das markierte Objekt im oberen Arbeitsbereich ein *Systemelement* ist, dann wird im Graph Editor die Sicht *Struktur-Graph* geöffnet.
- Wenn das markierte Objekt im oberen Arbeitsbereich eine *Funktion*, ein *Merkmal* oder eine *Anforderung* ist, dann wird im Graph Editor die Sicht *Funktions-Graph* geöffnet.
- Wenn das markierte Objekt im oberen Arbeitsbereich eine *Fehlfunktion* ist, dann wird im Graph Editor die Sicht *Fehler-Graph* geöffnet.

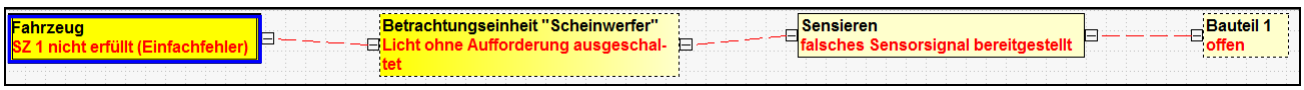
Sie bestimmen also über den markierten Objekttyp im ersten Arbeitsbereich die *Startsicht* im `Graph Editor`.

Der Befehl `Browse Component (Graph Editor)` zeigt Ihnen im `Graph Editor` den gesamten Graphen (vgl. **Abb.**) für das Fokusobjekt (zur Verdeutlichung in der Unterlage mit blauem Rahmen).



Der Befehl `Browse Butterfly (Graph Editor)` zeigt Ihnen im `Graph Editor` nur einen *Teilbereich* des gesamten Graphen (vgl. **Abb.**).

Eine **Butterflyansicht** bedeutet: Zeige alle zum Fokusobjekt (zur Verdeutlichung in der Unterlage mit blauem Rahmen) verknüpften Vorgänger sowie Nachfolger und blende die restlichen Graphenbestandteile aus.



In der Butterflyansicht wurden im Beispiel drei Objekte ausgeblendet (zur Verdeutlichung in der Unterlage mit roten Rahmen in der oberen Abbildung).

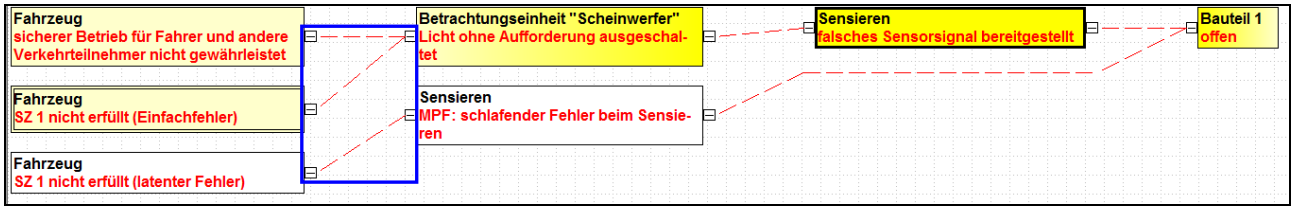
Sie können wie gewohnt zwischen den beiden Arbeitsbereichen synchronisieren.

2.4 Leitlinien zur richtigen Interpretation von Graphen

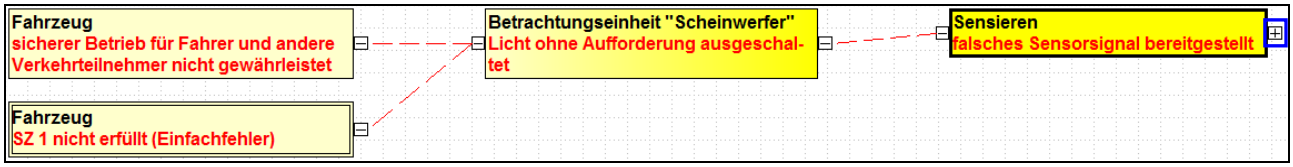
Es gibt mehrere Punkte, die man wissen sollte, um die Graphen richtig interpretieren zu können. Diese werden Ihnen nachfolgend einzeln erläutert.

2.4.1 Plus- und Minussymbol

Neben jedem Objekt im `Graph Editor` sehen Sie je nach aktuellem Kontext links und/oder rechts zunächst ein Minussymbol ⊟ (vgl. **Abb.**). Ein Minussymbol bedeutet, dass alle direkten Vorgänger bzw. alle direkten Nachfolger sichtbar sind.



Durch Mausklick auf ein Minussymbol können Sie gezielt alle direkten Vorgänger bzw. alle direkten Nachfolger einfalten. Als Hinweis auf den Faltzustand sehen Sie dann ein Plussymbol ⊞ (vgl. **Abb.**). Im Beispiel wurde für den Fehler *falsches Sensorsignal bereitgestellt* die Fehlerursache *offen* ausgeblendet. Daher finden Sie rechts neben diesem Fehler das Plussymbol.



Ein Klick auf das Plussymbol ⊞ faltet den entsprechenden Graphenteil wieder auf und im Ergebnis haben Sie wieder ein Minussymbol ⊟.

2.4.2 Verbindungslinien (Kanten)

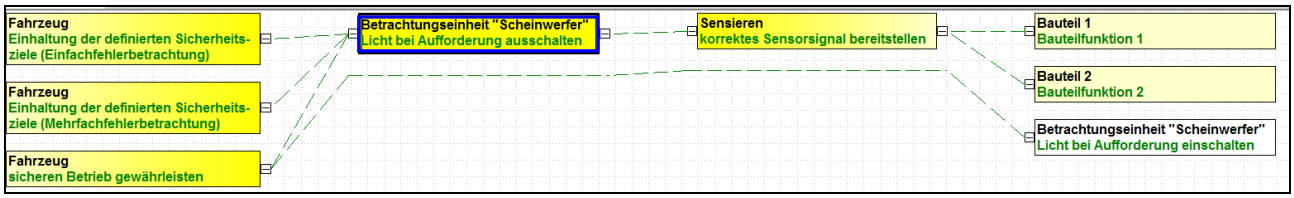
In den Graphen gibt es drei verschiedene Möglichkeiten wie die Verbindungen (Kanten) zwischen den Objekten aussehen können. Die folgende Tabelle erläutert Ihnen deren jeweilige Bedeutung.

Linienart	Bedeutung
———	Wenn zwei Objekte mit einer Volllinie verbunden sind, so führt das Löschen dieser Verbindung **nicht** dazu, dass der Graph in zwei Bestandteile zerfällt.
- - - - - - - - -	Wenn zwei Objekte mit einer gestrichelten Linie verbunden sind, so führt das Löschen dieser Verbindung dazu, dass der Graph in zwei Bestandteile **zerfällt**.

Linienart	Bedeutung
	In der Vorschlagsliste gibt es einige Befehle zum Filtern des Graphen nach kritischen Pfaden bezogen auf das jeweilige Filterkriterium. Die kritischen Pfade werden Ihnen durch türkise Verbindungslinien (Volllinie oder gestrichelte Linie) innerhalb des Graphen angezeigt.

2.4.3 Selektionsfarbe: Farblicher Verlauf ausgehend vom Fokuselement

Die Graphen können schnell sehr groß werden. Um Ihnen darin die Navigation zu erleichtern, hinterlegt der `Graph Editor` nicht nur das markierte Fokuselement mit der eingestellten Selektionsfarbe (z.B. gelb), sondern auch alle mit diesem Objekt verknüpften Vorgänger und/oder Nachfolger sowie mit diesen verknüpften Objekte, welche auch für das Fokuselement gelten (vgl. **Abb.**). Durch diese Hervorhebung haben Sie zumindest einen ersten Überblick über die Verknüpfungen des Fokuselementes.



Im Beispiel ist das Fokuselement (blauer Rahmen) gelb hinterlegt. Auch die relevanten Vorgänger und Nachfolger haben eine gelbe Hinterlegung, jedoch wird die gelbe Hinterlegungsfarbe immer *blasser* je weiter die Entfernung vom Fokuselement ist. Die Funktion *Licht bei Aufforderung ausschalten* ist weder direkt noch indirekt zum Fokuselement verknüpft und somit standardmäßig in weiß hinterlegt.

2.4.4 Hintergrundfarben

Über die Hintergrundfarbe des Graphen erhalten Sie einen Hinweis auf bestimmte Sicht-Situationen in Ihrem Graphen. Diese sind in der folgenden **Tabelle** erläutert.

Hintergrundfarbe	Bedeutung
weiß	Die normale Hintergrundfarbe für die *Vollansicht* des Graphen ist *weiß*. D.h. Sie haben aktuell weder die *Butterfly-Ansicht* noch einen Filter- bzw. Faltzustand in ihrem Graphen.
grau	Beim Öffnen der *Butterfly-Ansicht* ist die Hintergrundfarbe *grau*.
gelb	Wenn Sie eine Vollansicht oder eine Butterflyansicht filtern und/oder falten, dann wechselt die Hintergrundfarbe auf *gelb*.

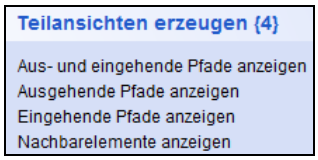
2.4.5 Ausrufezeichen-Symbol

Ist in der Vorschlagsliste einem verfügbaren Befehl ein Ausrufezeichen vorangestellt, so gilt die Auswirkung dieser Befehls für den aktuellen Kontext als gefährlich. So besagt beispielsweise der Hinweistext des Befehls `Element entfernen`, dass der Graph durch den Befehl in mehrere Bestandteile *zerlegt* wird. Dies ist als eine Art Warnung zu verstehen, ob Sie dies auch wollen.

Wie bereits beschrieben (vgl. Kapitel **Funktion als Sicherheitsziel definieren sowie SIL-/ASIL-Einstufung**) können Sie im **`Eigenschaftendialog`** einer Funktion in der Registerkarte *Funktionale Sicherheit* das Attribut `Ist Sicherheitsziel` setzen. Daraufhin erhalten alle zugehörigen Fehlfunktionen im *Fehlergraphen* ein rotes Ausrufezeichen (vgl. **Abb.**). Dies soll Ihnen einen Hinweis geben, dass es sich um einen *gefährlichen* Topfehler handelt.

2.5 Teilansichten erzeugen

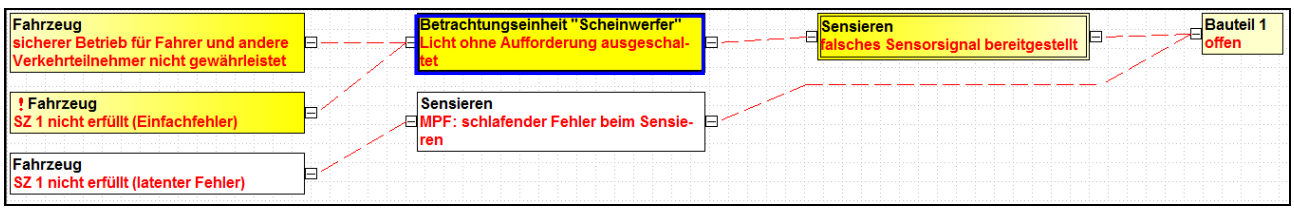
In der Vorschlagsliste des `Graph Editors` gibt es eine Rubrik namens *Teilansichten erzeugen* (vgl. **Abb.**).

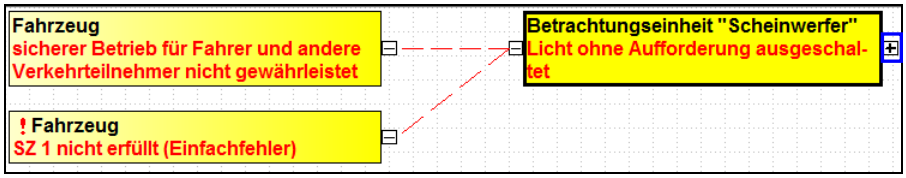


Falls Sie nicht durch den Befehlsnamen wissen, was dessen Auswirkung ist, so klicken Sie bitte rechts neben dem Befehl auf das Fragezeichensymbol und lesen sich den erläuternden Hinweistext durch.

Mit den Teilansichtsbefehlen können Sie komfortabel für ein markiertes Fokuselement die Vorgänger und/oder die Nachfolger gezielt ausblenden/einfalten, um sich stärker auf einen gewissen Bereich im Graphen zu konzentrieren. Sie erzeugen eine sogenannte *Teilansicht* basierend auf dem Ausgangsgraphen.

Die nachfolgenden **Abbildungen** zeigen zunächst den *Ausgangsgraphen* mit dem Fokuselement *Licht ohne Aufforderung ausgeschaltet* und dann das Resultat der Teilansicht `Ausgehende Pfade anzeigen`.





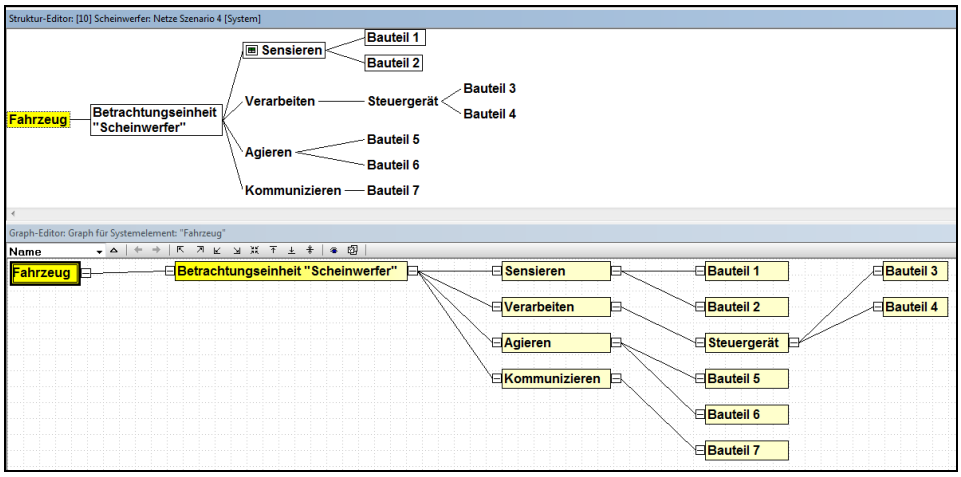
Das Plussymbol rechts des Fokuselementes gibt Ihnen den Hinweis auf die eingefalteten Bereiche.

Durch einen Mausklick auf das Plussymbol ⊞ können Sie bei Bedarf wieder bestimmte Bereiche auffalten. Hierbei müssen Sie unter Umständen aber nacheinander mehrfach auf Plussymbole drücken, um wieder die Startansicht zu haben. Sie gelangen sehr schnell zur ursprünglichen Startansicht, indem Sie in der Vorschlagslistenrubrik *Ansicht* den Befehl `Vollständige Ansicht öffnen` ausführen.

Sofern Ihre ursprüngliche Startansicht im `Graph Editor` die *Butterfly-Ansicht* war, so führt der Befehl `Vollständige Ansicht öffnen` zur Butterfly-Ansicht.

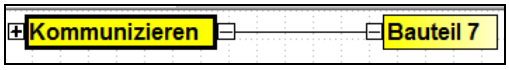
2.6 Graph Editor: Sicht "Struktur-Graph"

Die Sicht *Struktur-Graph* stellt die Zusammenhänge aus dem *Strukturbaum* in einer neuen Art und Weise dar (vgl. **Abb.**).

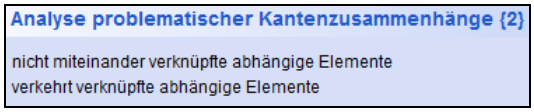


Der `Struktur-Graph` bietet Ihnen nahezu alle Bearbeitungsmöglichkeiten, welche Sie aus dem `Struktur-Editor` kennen. Zusätzlich haben Sie die folgenden Optionen:

1. Im *Strukturbaum* können Sie zu einem Fokuselement nur die *Nachfolger* einfalten. Die Vorschlagslisten-Rubrik *Teilansichten erzeugen* bietet für den *Struktur-Graph* mehrere Befehle (z.B. `Eingehende Pfade anzeigen`), welche auch das Einfalten von *Vorgängern* erlauben (vgl. **Abb.**). **.**). Im Beispiel wurden die Vorgänger des Systemelementes *Kommunizieren* eingefaltet. Als Hinweis darauf sehen Sie links davon das Plussymbol.



2. Des Weiteren können Sie mit den Befehlen der Vorschlagslisten-Rubrik *Analyse problematischer Kantenzusammenhänge* überprüfen (vgl. **Abb.**), ob die *Funktionsnetz-Verknüpfungen* der *Struktur-Graph-Logik* (Hierarchie) folgen (Befehl `verkehrt verknüpfte abhängige Elemente`) oder ob *Funktionsnetz-Verknüpfungen* überhaupt vorhanden sind (Befehl `nicht miteinander verknüpfte abhängige Elemente`). Funktionen / Merkmale gelten als abhängige Objekte zu den Systemelementen, welche wiederum die unabhängigen Objekte für diese sind. Im Ergebnis werden Ihnen im *Struktur-Graph* die Verbindungslinien zwischen den Systemelementen farblich (türkis) hervorgehoben, deren Funktion(en) dem Filterkriterium entsprechen.



Analog zum Strukturbaum ist es im *Struktur-Graphen* **nicht** erlaubt *Kreise / Zyklen* zu modellieren, daher gibt es keinen Befehl *Neue ausgehende Nachbarn*.

2.7 Graph Editor: Sicht "Funktions-Graph"

Ein Funktionsnetz stellt Ihnen immer nur einen *begrenzten* Ausschnitt der Zusammenhänge bezogen auf eine Fokusfunktion dar. In der Regel sehen Sie zeitgleich immer nur **ein** Funktionsnetz. Ist eine Funktion dieses Funktionsnetzes auch zu anderen Funktionen verknüpft, welche nicht Bestandteil des gerade sichtbaren Funktionsnetzes sind, so erhält diese Funktion einen gestrichelten Rahmen als Hinweis für Sie. Aufgrund dieser Tatsache werden derartige Funktionen über die verschiedenen Funktionsnetze **mehrfach** dargestellt. Der sogenannte `Funktions-Graph` zeigt Ihnen das **Gesamtbild** der Funktionszusammenhänge und listet jede Funktion nur **einmal**. Die nachfolgenden **Abbildungen** zeigen Ihnen eine Gegenüberstellung von `Funktionsnetz` und `Funktions-Graph`.

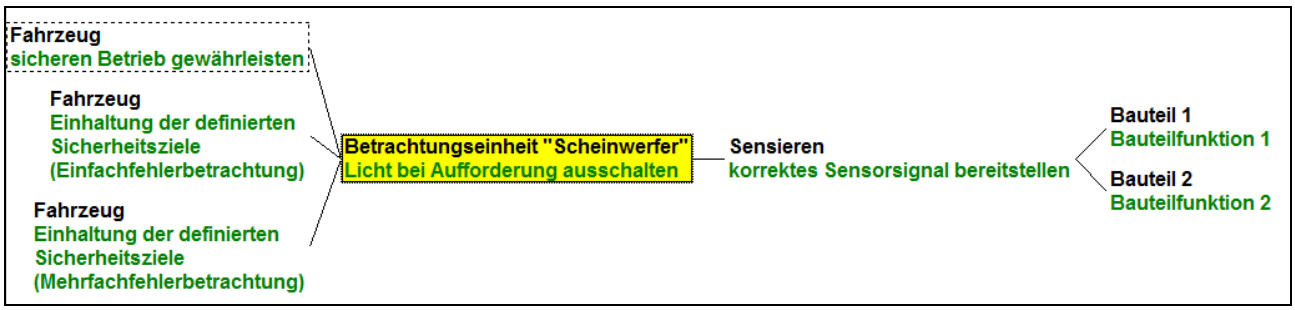


Abb. 1: Funktionsnetz mit Fokusfunktion "Licht bei Aufforderung ausschalten"

In **Abb. 1** hat die Topfunktion *sicheren Betrieb gewährleisten* einen gestrichelten Rahmen. Sie ist also im Minimum noch zu einer weiteren Funktion verknüpft, welche nicht Bestandteil des gerade sichtbaren Funktionsnetzes ist. Um genauere Informationen dazu bekommen zu können, müssten Sie im `Funktionsnetz` jetzt die Topfunktion *sicheren Betrieb gewährleisten* zum Fokuselement machen und somit ein anderes Funktionsnetz öffnen.

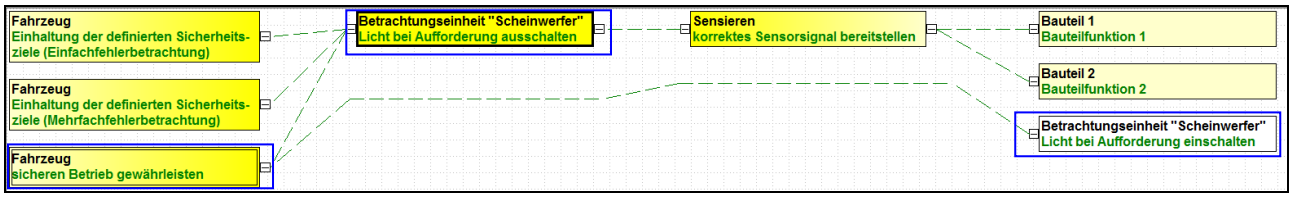


Abb. 2: Funktions-Graph mit Fokusfunktion "Licht bei Aufforderung ausschalten"

Die **Abb. 2** zeigt für den gleichen Funktionszusammenhang den `Funktions-Graphen`. Da in einem Funktions-Graphen jede Funktion (jedes Merkmal bzw. jede Anforderung) nur **einmal** dargestellt wird, sehen Sie sämtliche bestehenden Verknüpfungen der Topfunktion *sicheren Betrieb gewährleisten.* Im Gegensatz zum oberen Funktionsnetz sieht man also auch die Verknüpfung zur Funktion *Licht bei Aufforderung ausschalten*.

Im Gegensatz zum *Funktionsnetz* kann ein *Funktions-Graph* Kreise bzw. Zyklen abbilden (vgl. **Abb.**), weil er jedes Objekt nur **einmal** darstellt.

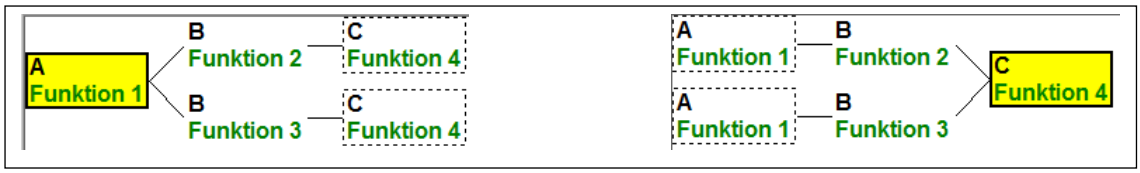


Abb. 3: Funktionsnetze: links Fokus auf Topfunktion, rechts Fokus auf Basisfunktion

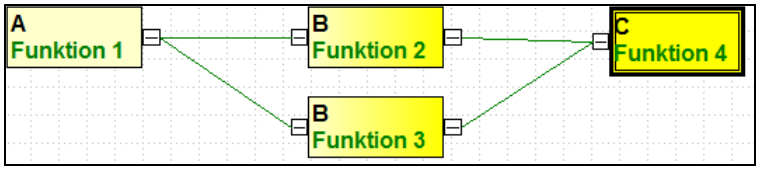
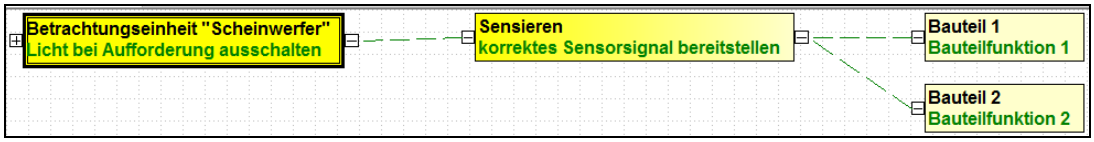


Abb. 4: korrespondierender Funktions-Graph

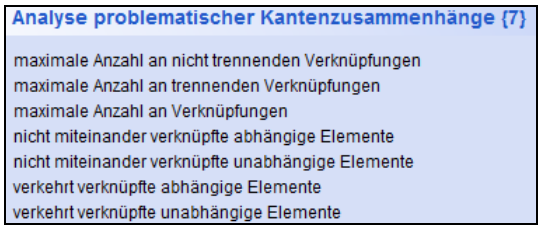
Der `Funktions-Graph` bietet Ihnen nahezu alle Bearbeitungsmöglichkeiten, welche Sie aus dem `Funktionsnetz-Editor` kennen. Zusätzlich haben Sie weitere Optionen, wovon hier nur eine Auswahl vorgestellt wird:

1. Im *Funktionsnetz* können Sie zu einem Fokuselement nur die *Nachfolger* einfalten. Die Vorschlagslisten-Rubrik *Teilansichten erzeugen* bietet für den *Funktions-Graph* mehrere Befehle (z.B. `Eingehende Pfade anzeigen`), welche auch das Einfalten von *Vorgängern* erlauben (vgl. **Abb.**). Im Beispiel wurden die Vorgänger der Funktion *Licht bei Aufforderung ausschalten* eingefaltet. Als Hinweis darauf sehen Sie links davon das Plussymbol.



2. Des Weiteren können Sie mit den Befehlen der Vorschlagslisten-Rubrik *Analyse problematischer Kantenzusammenhänge* überprüfen (vgl. **Abb.**), ob die *Fehlernetz-Verknüpfungen* der Logik der *Funktionsnetz-Verknüpfungen* folgen (Befehl `verkehrt verknüpfte abhängige Elemente`). Fehlfunktionen gelten als abhängige Objekte zu den Funktionen (Merkmalen oder

Anforderungen). Im Ergebnis werden Ihnen im *Funktions-Graph* die Verbindungslinien zwischen den Funktionen farblich (türkis) hervorgehoben, deren Fehlfunktion(en) dem Filterkriterium entsprechen. Außerdem können Sie auch prüfen, ob die Verknüpfungen des *Funktions-Graphen* der Logik des *Strukturbaumes/-graphen* folgen (Befehl `verkehrt verknüpfte unabhängige Elemente`). In bestimmten Datenkonstellationen ist auch der Befehl `Überflüssige Verknüpfungen` verfügbar. Damit identifizieren Sie, ob zwei Objekte über mehr als einen Pfad miteinander verknüpft sind (redundante Verknüpfungen). Bei Bedarf können Sie dann die *überflüssige* Verknüpfung löschen.



2.8 Graph Editor: Sicht "Fehler-Graph"

Auch ein Fehlernetz stellt Ihnen immer nur einen *begrenzten* Ausschnitt der Zusammenhänge bezogen auf eine Fokusfehlfunktion dar. In der Regel sehen Sie zeitgleich immer nur **ein** Fehlernetz. Ist eine Fehlfunktion dieses Fehlernetzes auch zu anderen Fehlfunktionen verknüpft, welche nicht Bestandteil des gerade sichtbaren Fehlernetzes sind, so erhält diese Fehlfunktion einen gestrichelten Rahmen als Hinweis für Sie. Aufgrund dieser Tatsache werden derartige Fehlfunktionen über die verschiedenen Fehlernetze **mehrfach** dargestellt. Der sogenannte `Fehler-Graph` zeigt Ihnen das **Gesamtbild** der Fehlfunktionszusammenhänge und listet jede Fehlfunktion nur **einmal**. Die nachfolgenden **Abbildungen** zeigen Ihnen eine Gegenüberstellung von `Fehlernetz` und `Fehler-Graph`.

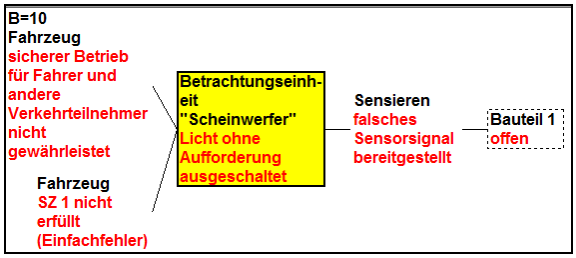


Abb. 1: Fehlernetz mit Fokusfehlfunktion "Licht ohne Aufforderung ausgeschaltet"

In **Abb. 1** hat der Basisfehler *offen* einen gestrichelten Rahmen. Er ist also im Minimum noch zu einer weiteren Fehlfunktion verknüpft, welche nicht Bestandteil des gerade sichtbaren Fehlernetzes ist. Um genauere Informationen dazu bekommen zu können, müssten Sie im `Fehlernetz` jetzt den Basisfehler *offen* zum Fokuselement machen und somit ein anderes Fehlernetz öffnen.

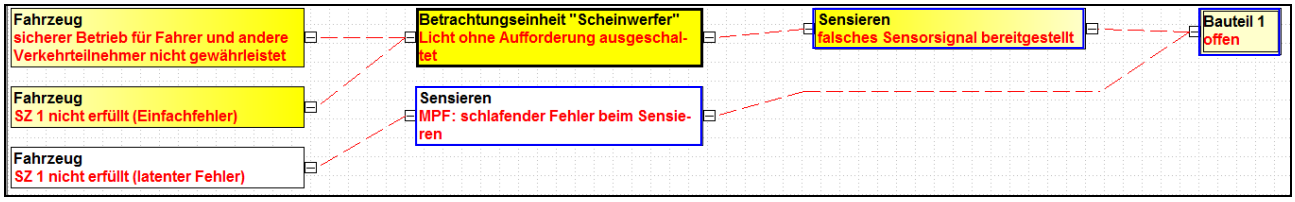


Abb. 2: Fehler-Graph mit Fokusfehlfunktion "Licht ohne Aufforderung ausgeschaltet"

Die **Abb. 2** zeigt für den gleichen Fehlfunktionszusammenhang den `Fehler-Graphen`. Da in einem Fehler-Graphen jede Fehlfunktion nur **einmal** dargestellt wird, sehen Sie sämtliche bestehenden Verknüpfungen des Basisfehlers *offen.* Im Gegensatz zum oberen Fehlernetz sieht man also auch die Verknüpfung zur Fehlfunktion *MPF: schlafender Fehler* sowie deren Folge.

Im Gegensatz zum *Fehlernetz* kann ein *Fehler-Graph* Kreise bzw. Zyklen abbilden (vgl. **Abb.**), weil er jedes Objekt nur **einmal** darstellt.

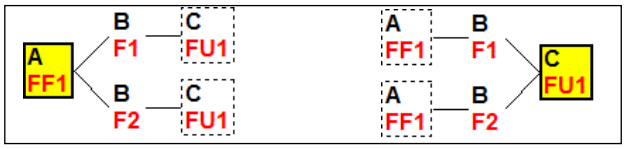


Abb. 3: Fehlernetze: links Fokus auf Topfehler, rechts Fokus auf Fehlerursache

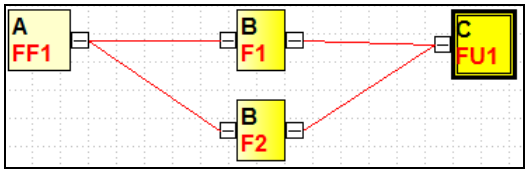
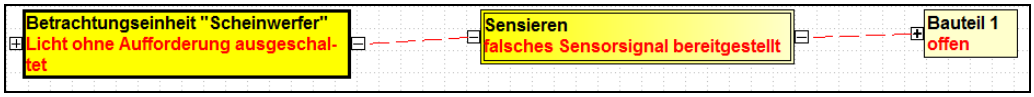


Abb. 4: korrespondierender Fehler-Graph

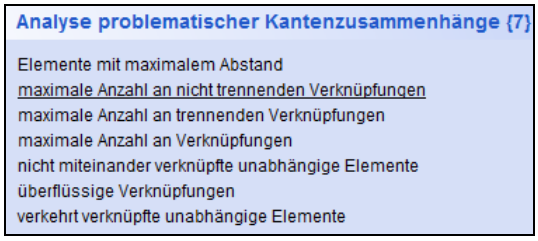
Der `Fehler-Graph` bietet Ihnen nahezu alle Bearbeitungsmöglichkeiten, welche Sie aus dem `Fehlernetz-Editor` kennen. Zusätzlich haben Sie weitere Optionen, wovon hier nur eine Auswahl vorgestellt wird:

1. Im *Fehlernetz* können Sie zu einem Fokuselement nur die *Nachfolger* einfalten. Die Vorschlagslisten-Rubrik *Teilansichten erzeugen* bietet für den *Fehler-Graph* mehrere Befehle (z.B. `Eingehende Pfade anzeigen`), welche auch das Einfalten von *Vorgängern* erlauben (vgl. **Abb.**). Im Beispiel wurden die Vorgänger der Fehlfunktion *Licht ohne Aufforderung ausgeschaltet* eingefaltet. Als Hinweis darauf sehen Sie links davon das Plussymbol. Auch der Basisfehler *offen* hat links ein Plussymbol. D.h. er ist noch zu weiteren Fehlern verknüpft, welche aber durch die aktuelle Teilansicht eingefaltet wurden.



2. Des Weiteren können Sie mit den Befehlen der Vorschlagslisten-Rubrik *Analyse problematischer Kantenzusammenhänge* überprüfen (vgl. **Abb.**), ob die *Funktionsnetz-Verknüpfungen* der Logik der *Fehlernetz-Verknüpfungen* (Befehl `verkehrt verknüpfte unabhängige Ele-`

mente) folgen oder ob *Funktionsverknüpfungen* überhaupt vorhanden sind (Befehl `nicht miteinander verknüpfte unabhängige Elemente`). Fehlfunktionen gelten als abhängige Objekte zu den Funktionen (Merkmalen oder Anforderungen), welche wiederum die unabhängigen Objekte sind. Im Ergebnis werden Ihnen im *Fehler-Graph* die Verbindungslinien zwischen den Fehlfunktionen farblich (türkis) hervorgehoben, deren Funktionen dem Filterkriterium entsprechen. In bestimmten Datenkonstellationen ist auch der Befehl `Überflüssige Verknüpfungen` verfügbar. Damit identifizieren Sie, ob zwei Objekte über mehr als einen Pfad miteinander verknüpft sind (redundante Verknüpfungen). Bei Bedarf können Sie dann die *überflüssige* Verknüpfung löschen.

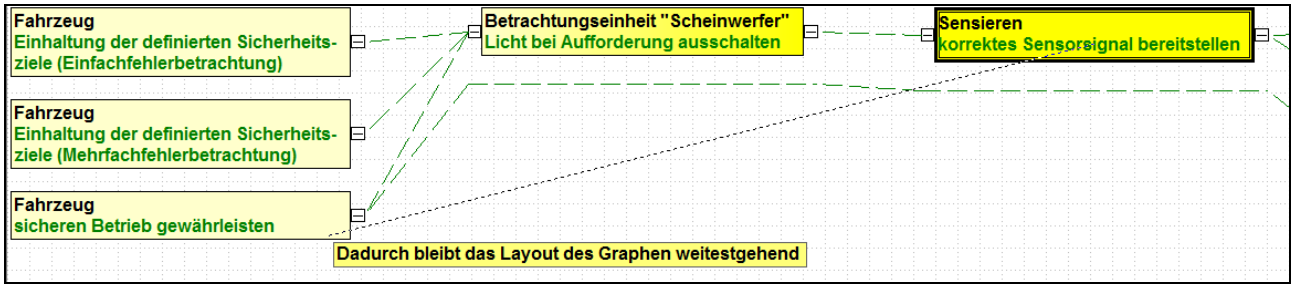


2.9 Neue Verknüpfungen erstellen (Funktions- / Fehler-Graph)

Sowohl im *Funktions-Graph* als auch im *Fehler-Graph* haben Sie zwei Möglichkeiten eine neue Verknüpfung zwischen zwei Objekten zu erstellen.

Zum einen können Sie im jeweiligen Graphen die beiden gewünschten Objekte markieren (zwischen denen noch **keine direkte** Verbindung besteht!) und in der Vorschlagsliste aus der Rubrik *Graph bearbeiten* den Befehl `Neue Verknüpfung` wählen. Hieraufhin wird die Verknüpfung erstellt. Bitte beachten Sie dabei, dass dem Befehl in der Vorschlagsliste ein **Richtungspfeil** vorangestellt ist (Pfeil nach links = Verknüpfung des rechten Objektes als Ursache des linken Objektes; Pfeil nach rechts = Verknüpfung des linken Objektes als Ursache des rechten Objektes). Je nachdem welche der beiden Möglichkeiten Sie wählen, erfolgt die Verknüpfung als Folge oder als Ursache. Die Einordnung der beiden Objekte in die verschiedenen Spalten des Graphen bestimmt, welches Objekt als linkes Objekt und welches Objekt als rechtes Objekt gilt.

Zum anderen können Sie eines der beiden Objekte mit der gedrückten linken Maustaste auf das andere Objekt ziehen und loslassen. Während des Rüberziehens sehen Sie eine gestrichelte Linie (vgl. **Abb.**). Beim Ablegen erhalten Sie einen Hinweis bzgl. der Auswirkung dieser neuer Verknüpfung auf den Graphen.



Das *hingezogene* Objekt wird immer als *Ursache* des anderen Objektes verknüpft. Es ist auch möglich per Drag&Drop Objekte aus einem anderen Arbeitsbereich (z.B. `Strukturbaum`) im Gra-

phen zu verknüpfen, sofern das Objekt in der aktuellen Graphen-Sicht (`Struktur-Graph`, `Funktions-Graph`, `Fehler-Graph`) zulässig ist und noch keine direkte Verknüpfung zum Zielobjekt besteht. Bei aktiver Arbeitsplatzeinstellung `Mechatronik-FMEA aktivieren` können Sie auch eine Funktion per Drag&Drop aus dem anderen Arbeitsbereich in den `Fehler-Graphen` ziehen und erzeugen somit eine Fehlererkennung bzw. eine Fehlerreaktion.

2.10 Vergleich der Verknüpfungs-Logiken

Wie in den Kapiteln zu **Struktur-Graph**, **Funktions-Graph** und **Fehler-Graph** bereits beschrieben, können Sie die Verknüpfungs-Logiken zwischen den verschiedenen Graph-Typen miteinander vergleichen und so Abweichungen identifizieren.

Folgende Vergleiche sind möglich:

- Struktur-Graph zu Funktions-Graph (Befehle: `verkehrt verknüpfte abhängige Elemente` bzw. `nicht miteinander verknüpfte abhängige Elemente`)
- Funktions-Graph zu Struktur-Graph (Befehle: `verkehrt verknüpfte unabhängige Elemente` bzw. `nicht miteinander verknüpfte unabhängige Elemente`)
- Funktions-Graph zu Fehler-Graph (Befehle: `verkehrt verknüpfte abhängige Elemente` bzw. `nicht miteinander verknüpfte abhängige Elemente`)
- Fehler-Graph zu Funktions-Graph (Befehle: `verkehrt verknüpfte unabhängige Elemente` bzw. `nicht miteinander verknüpfte unabhängige Elemente`)

Sie finden die entsprechenden Befehle im jeweiligen Graphen in der Vorschlagslisten-Rubrik *Analyse problematischer Zusammenhänge*.

Um die Befehle besser verstehen zu können, hier eine Erklärung der Begriffe *abhängiges Element* und *unabhängiges Element*. Die Abhängigkeiten ergeben sich dabei aus der Objekthierarchie, welche der IQ-Software zu Grunde liegt.

- Für ein Systemelement gibt es die *abhängigen* Elemente *Funktion* und/oder *Merkmal*.
- Für eine Funktion ist das *unabhängige* Element ein *Systemelement* und das *abhängige* Element eine *Fehlfunktion*.
- Für eine Fehlfunktion gibt es das unabhängige Element *Funktion* und/oder *Merkmal* (ggf. auch *Anforderung*).

2.11 Neue Sammeleingabe

Die neue Sammeleingabe wurde bereits in einem eigenen Kapitel (Kapitel **Neue Sammeleingabe** unter **Allgemeine Neuerungen**) beschrieben. Daher erfolgt hier nur eine Kurzzusammenfassung sowie der Hinweis auf die Besonderheiten bei der Verwendung im `Graph Editor`.

Die neue Sammeleingabe bietet je nach Kontext die folgenden weiterführenden Befehle für neu eingegebene Objekte im Vergleich zur herkömmlichen Sammeleingabe:

- Definition bei welchem übergeordneten Objekt das neue Objekt verankert sein soll.
- Eine **gemeinsame** Sammeleingabe zum schnellen Erfassen von Funktionen, Produkt- und Prozessmerkmalen ohne mit verschiedenen Sammeleingaben arbeiten zu müssen.
- Eine **gemeinsame** Sammeleingabe zum schnellen Erfassen von Fehlfunktionen sowie den Mechatronikobjekten Betriebszustand, Fehlererkennung und Fehlerreaktion ohne mit verschiedenen Sammeleingaben arbeiten zu müssen.
- Sofern Strukturvarianten bestehen, kann innerhalb der Sammeleingabe die Variantenzuordnung erfolgen.

Diese neue Sammeleingabe können Sie aktuell **nur** aufrufen, indem Sie im `Graph Editor` rechts **aus der Vorschlagsliste** einen der folgenden Befehle nutzen:

- Systemelemente anlegen
- Funktionen und Merkmale anlegen
- Anforderungen anlegen
- Fehlfunktionen anlegen

Eine Besonderheit stellt die Sammeleingabe für Fehlfunktionen im `Graph Editor` mit der Sicht *Fehlergraph* dar. In der **Abbildung** wurde im Fehlergraphen der Befehl `Neuer eingehender Nachbar` ausgeführt und eine neue Fehlfunktion eingegeben. Für dieses neue Objekt können Sie bei Bedarf auch die Mechatronik-Objekttypen *Betriebszustand*, *Fehlererkennung* oder *Fehlerreaktion* zuweisen. Somit gibt es in diesem Kontext auch eine **gemeinsame** Sammeleingabe für Fehlfunktionen sowie die Mechatronikobjekte und Sie müssen nicht mit mehreren Sammeleingaben arbeiten. Da beim Anlegen eines neuen Objektes innerhalb des Fehlergraphen nicht klar ist, bei welchem übergeordneten Objekt dessen Verankerung erfolgen soll, können Sie die Verankerung ebenfalls per Radio-Button definieren. Im Beispiel (vgl. **Abb.**) wurde für die Fokusfehlfunktion *falsches Signal bereitgestellt* ein neuer eingehender Nachbar namens *Neue Fehlerursache* definiert. Auf Basis des Funktionsnetzes bzw. des Funktionsgraphen für die zugehörige Fokusfunktion *korrektes Signal bereitstellen* listet die IQ-Software in der Rubrik *Verankerung* die dazu direkt verknüpften Funktionen in Ursachenrichtung. Diese können für die Verankerung der neuen Fehlfunktion genutzt werden. Im Ergebnis ist die neue Fehlfunktion bei der zugewiesenen Funktion als abhängiges Objekt gespeichert.

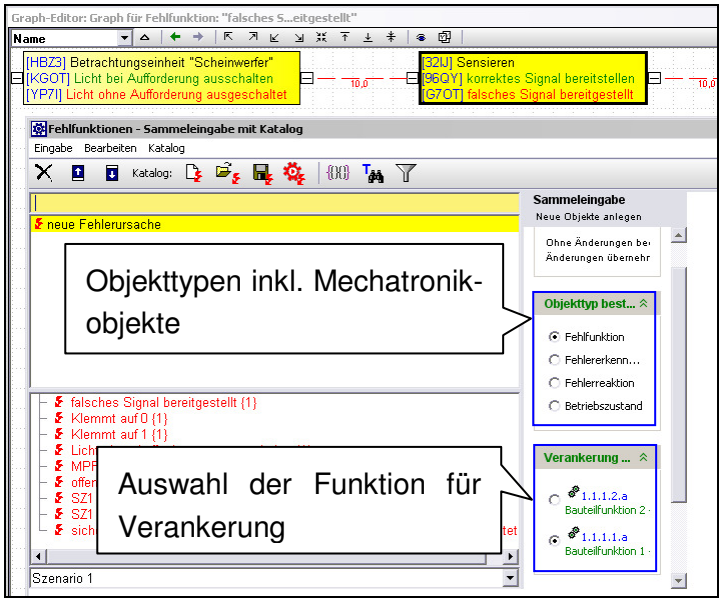


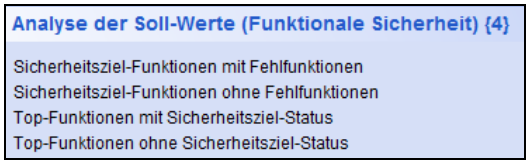
Abb.: Graph Editor: Objekttyp und Verankerung definieren für neue Fehlfunktion

2.12 Graph Editor für Funktionale Sicherheit und Mechatronik

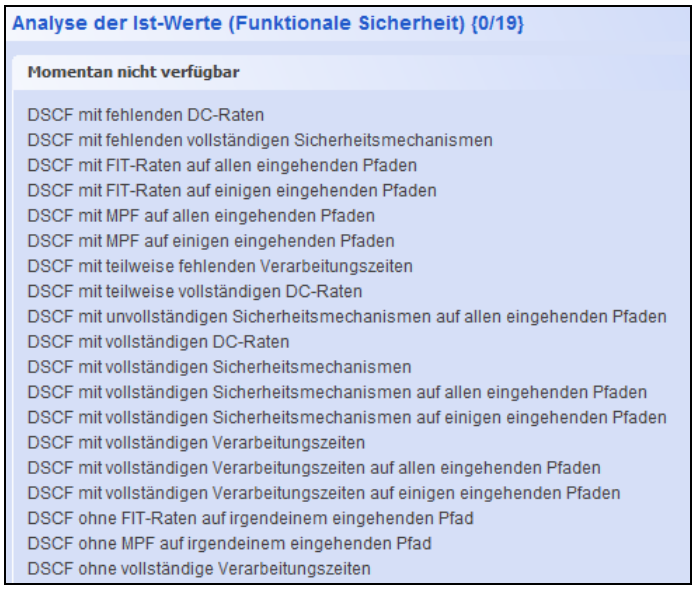
2.12.1 Workflow-Unterstützung durch Filter

Die Vorschlagliste des `Graph Editor` bietet Ihnen in den folgenden Rubriken eine Art *Workflow-Unterstützung* für die Analyse im Bereich *Funktionale Sicherheit* und *mechatronische Systeme*:

Analyse der Soll-Werte (Funktionale Sicherheit)

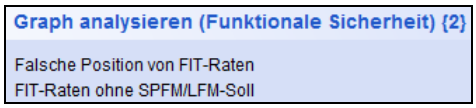


Analyse der Ist-Werte (Funktionale Sicherheit)



Analyse der kritischen Pfade (Funktionale Sicherheit)

Graph analysieren (Funktionale Sicherheit)



Um die Filter dieser Rubriken gezielt anwenden zu können, sollten Sie die folgenden Zusammenhänge und Festlegungen kennen, auf denen die Filter basieren:

1. Funktion mit Sicherheitsziel-Status und (gefährliche) sicherheitskritische Fehler ((D)SCF)

Alle Filter bzgl. *Funktionen mit Sicherheitsziel-Status* filtern nach dem Attribut `Ist Sicherheitsziel`, welches Sie im **`Eigenschaftendialog`** einer Funktion in der Registerkarte *Funktionale Sicherheit* aktivieren. Außerdem führt die Aktivierung dazu, dass die zugehörigen Fehlfunktionen als *sicherheitskritische Fehler* gelten (abgekürzt als *SCF*). Wird für den *SCF* zusätzlich noch ein *ASIL > QM* vergeben wird, dann spricht man von einem *gefährlichen sicherheitskritischen Fehler* (abgekürzt als *DSCF*).

Somit erhalten bei den Filtern bzgl. *DSCF* nur Filtertreffer, wenn die übergeordnete Funktion das Attribut `Ist Sicherheitsziel` besitzt und für die Fehlfunktion eine *ASIL-Einstufung > QM* vergeben wurde.

2. Vollständiger Sicherheitsmechanismus

Für einen gefährlichen sicherheitskritischen Topfehler (DSCF) liegt ein *vollständiger* Sicherheitsmechanismus vor, wenn **irgendein** Eingangspfad eine Fehlererkennung und eine Fehlerreaktion beinhaltet. D.h. alle Filter bzgl. *Sicherheitsmechanismen* prüfen ausgehend vom gefährlichen Topfehler (DSCF), ob im `Fehler-Graph` in den eingehenden Pfaden der Objekttyp *Fehlererkennung* gefolgt vom Objekttyp *Fehlerreaktion* vorliegt. Sie müssen also sicherstellen, dass der Sicherheitsmechanismus zum relevanten Topfehler (DSCF) als Eingangspfad verknüpft ist.

Zum besseren Verständnis nachfolgend ein Verknüpfungsbeispiel. Der *DSCF* hat dabei den Namen *SZ1 nicht erfüllt (Einfachfehler)*.

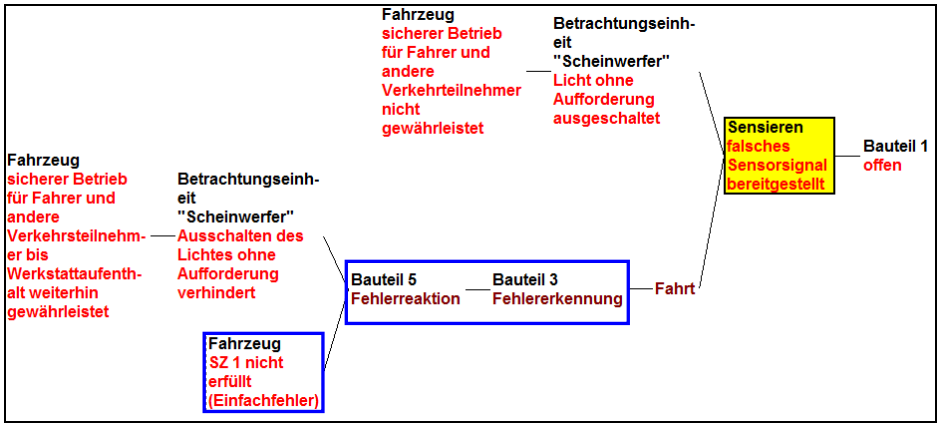


Abb. 1: Fehlernetz: Sicherheitsmechanismus verknüpft zu DSCF

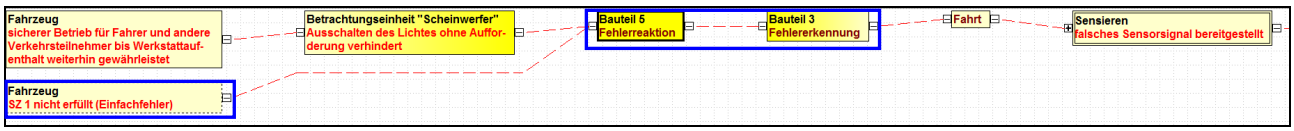


Abb. 2: Fehler-Graph: Sicherheitsmechanismus verknüpft zu DSCF

3. DC-Werte (DC_{SPF}, DC_{LF})

Die Filter bzgl. DC-Raten prüfen **nur** beim Objekttyp *Fehlererkennung*, ob ein DC-Wert vorliegt oder nicht. DC-Werte bei anderen Objekten (z.B. *Fehlfunktion*) werden nicht berücksichtigt. Daher sollten Sie DC-Werte nur für *Fehlererkennungen* definieren!

4. Mehrfachfehler (MPF)

Als Mehrfachfehler (MPF) gelten die Fehlfunktionen der Objekte *Fehlererkennung* und *Fehlerreaktion*. Diese müssen wiederum im `Fehler-Graphen` zum relevanten Topfehler (DSCF) verknüpft sein. Nur unter diesen Voraussetzungen erhalten Sie entsprechende Ergebnisse mit Filtern bzgl. *MPF*. Zur besseren Verdeutlichung hier ein Beispiel (vgl. **Abb.**). Dabei entspricht der Topfehler *SZ1 nicht erfüllt (Einfachfehler)* dem *DSCF* und die Fehlfunktion *Fehlerkennung funktioniert nicht* entspricht dem *MPF*.

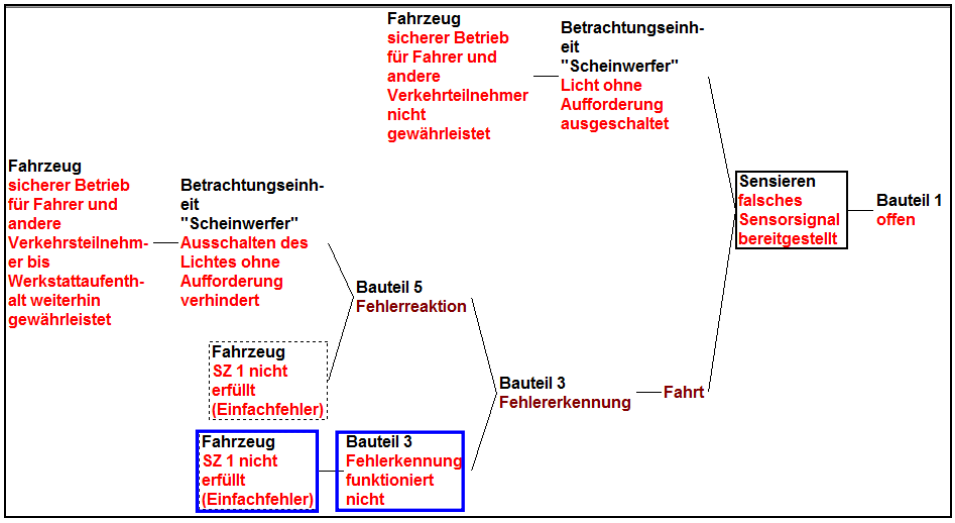


Abb. 1: Fehlernetz: Mehrfachfehler (MPF) verknüpft zu DSCF

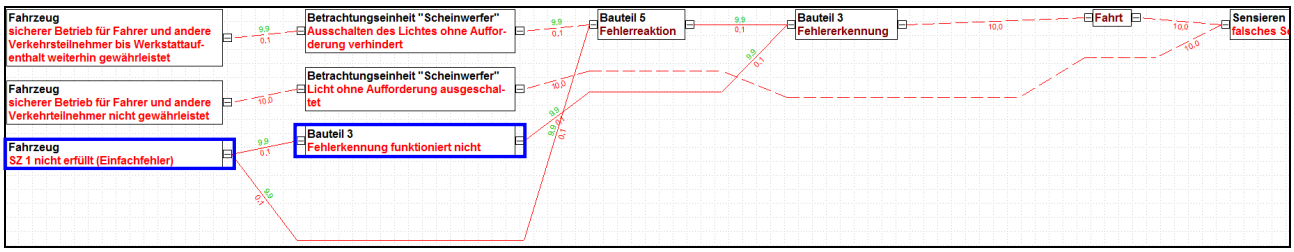


Abb. 2: Fehler-Graph: Mehrfachfehler (MPF) verknüpft zu DSCF

5. Soll-/Ist-Vergleich für Fehlertoleranzzeit

Mit den Filtern bzgl. *FTT* können Sie überprüfen, ob ihre Zeitvorgabe durch die definierten Sicherheitsmechanismen eingehalten wird oder nicht.

Hierzu definieren zunächst für den relevanten Topfehler (Fehlfunktion der Funktion mit *Sicherheitsziel-Status*) die sogenannte *Fehlertoleranzzeit* (FTT) als Soll-Wert und später für die zugehörigen Fehlererkennungen die Fehlererkennungszeiten sowie für die zugehörigen Fehlerreaktionen die Fehlerreaktionszeiten (vgl. Kapitel **Fehlertoleranzzeit sowie Fehlererkennungs- und Fehlerreaktionszeit definieren**). Innerhalb der *FTT-Zeitvorgabe* müssen alle an dem Sicherheitsmechanismus beteiligten Funktionen beendet sein. Wird die Zeitvorgabe durch den Sicherheitsmechanismus überschritten, so gilt das Sicherheitsziel als verletzt.

Für jeden Topfehler werden alle eingehenden Pfade im `Fehler-Graphen` nach folgender Formel geprüft und somit entschieden, ob die FTT-Zeitvorgabe eingehalten wird:

FTT ≤ dem eingehenden Fehlerpfad mit der **maximalen** (Zeit-)Summe von Fehlererkennungszeit(en) und Fehlerreaktionszeit(en)

2.12.2 Fehler-Graph: Darstellung der berechneten Fehlerraten und der berechneten Zeiten

Wenn Sie im `Graph Editor` den *Fehler-Graphen* geöffnet haben, können Sie in den **`Anzeigeoptionen`** (Menü **`Ansicht`** | `Anzeigeoptionen`) in der Rubrik *Kantenoptionen* festlegen, ob Sie an den Verknüpfungslinien (Kanten) die *Fehlerraten* oder die *Verarbeitungszeiten* sehen wollen.

Mit der Option *Fehlerraten anzeigen* (vgl. **Abb. 1**) sehen Sie an den Kanten in **rot** den **nicht** durch eine Fehlererkennung **erkannten** Anteil der Fehlerrate und in **grün** den durch eine Fehlererkennung **erkannten** Anteil der Fehlerrate. Im Beispiel kann man die Fortpflanzung der Fehlerrate von rechts nach links nachvollziehen. Der in der **Abbildung** aus Platzgründen nicht dargestellte Basisfehler *offen* hat eine Fehlerrate von *10 FIT* und ist zum Fehler *falsches Sensorsignal bereitgestellt* verknüpft. Diese 10 FIT werden an die weiteren Kanten in Folgenrichtung komplett weiter vererbt bis eine Fehlererkennung mit einem DC-Wert (im Beispiel: DC_{SPF} = 99%) definiert ist. Ab da sehen Sie oberhalb der Kanten in grün den erkannten Anteil der Fehlerrate (hier: 9,9 FIT) und unterhalb der Kanten in rot den verbleibenden nicht erkannten Anteil der Fehlerrate (hier: 0,1 FIT).

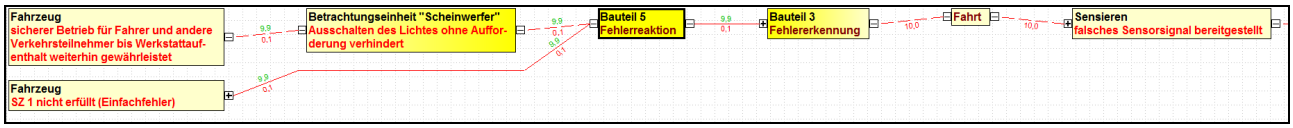


Abb. 1: erkannte (grün) und nicht erkannte Fehlerraten (rot) an den Kanten

Wenn eine Fehlfunktion **mehrere** eingehenden Kanten mit roten bzw. grünen Werten hat, so werden diese aufsummiert an der/den ausgehenden Kante(n) angezeigt.

Mit der Option *Verarbeitungszeiten anzeigen* (vgl. **Abb. 2**) sehen Sie an den Kanten oben in **grün** die **minimale** Summe der Verarbeitungszeiten aller eingehende Pfade und unten in **rot** die **maximale** Summe der Verarbeitungszeiten aller eingehende Pfade.

Die Verarbeitungszeit ergibt sich aus der Summe von Fehlererkennungs- und Fehlerreaktionszeit.

Im Beispiel wurde für die Fehlererkennung eine *Fehlererkennungszeit von 2 ms* und für die Fehlerreaktion eine *Fehlerreaktionszeit von 3 ms* definiert. Auch hier können Sie die Fortpflanzung der Zeiten an den kanten von rechts nach links verfolgen. Ab der Fehlererkennung sieht man zunächst die Fehlererkennungszeit von *2 ms* und ab der Fehlerreaktion dann die Summe beider Zeiten in Höhe von *5 ms*.

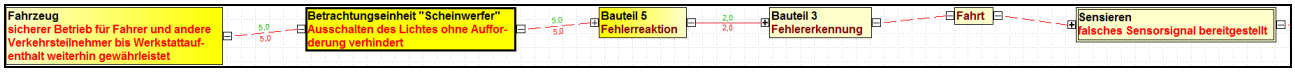


Abb. 2: minimale Zeitsumme (grün) und maximale Zeitsumme (rot) an den Kanten

Wenn eine Fehlfunktion **mehrere** eingehenden Kanten mit roten bzw. grünen Werten hat, so werden diese aufsummiert an der/den ausgehenden Kante(n) angezeigt.