

4 Konzept der neuen Visualisierung

In diesem Kapitel wird das Konzept der neuen Visualisierung entwickelt. Die Hierarchiestufen der Darstellung werden vorgestellt und das Prinzip der „Elliptischen Expansion“ als Mittel zur gleichzeitigen Darstellung von Detailinformationen und globalem Zusammenhang wird entworfen.

Vorab wird anhand der Aufgabenstellung ein grobes Konzept der neuen Visualisierung entwickelt, welches im Weiteren verfeinert wird. Die Realisierung wird im nachfolgenden Kapitel 5 beschrieben.

4.1 Aufgabenstellung und Grobkonzept

Das im Rahmen dieser Dissertation zu entwickelnde Visualisierungssystem muss zum einen den Anforderungen genügen, wie sie generell in den Leitstellen zur Betriebsführung elektrischer Netze vorliegen (s. Kapitel 2.3.3). Zum anderen müssen spezielle Anforderungen erfüllt und Beschränkungen eingehalten werden, die sich aus dem Einsatz im Rahmen des in Kapitels 3.2 geschilderten unabhängigen Trainingssimulators ergeben.

4.1.1 Bildhierarchie

Wie in Kapitel 2.5 ausgeführt ist, hat sich in bestehenden Leitstellen eine zweistufige Bildhierarchie herangebildet, bei der ein (Mosaik-) Wandbild Übersichtsinformationen über das von der Leitstelle betriebene Gesamtnetz bietet. Die Detailinformationen und Interaktionsmöglichkeiten werden nach Anwahl auf Rechnermonitoren geboten. Als Ersatz für das (kostspielige) Mosaik wird einerseits versucht, mittels Weltbildern auf dem Monitor aus der Übersicht zum Detail überzugehen, andererseits rechnergenerierte Bilder in Großformat zu projizieren.

Für die Anwendung im Trainingssimulator wäre eine Netz-Großprojektion brauchbar. Bei der Darstellung mehrerer Leitstellen müssten allerdings mehrere Großprojektionen eingesetzt werden, was sehr platz- und kostenaufwendig wäre. Die Großprojektion bietet aber nur den Vorteil, dass in der Leitstelle neben den wechselnden Monitorbildern ein beständiges Netzbild besteht. Bezüglich der Auflösung der Bilddetails bestehen keine großen Vorteile, da bei der Großprojektion der Sichtwinkel in Folge des größeren Bildabstandes gegenüber dem Monitor ungefähr gleichbleibt. D. h.: Was in der Großprojektion darstellbar ist, kann in fast gleicher Auflösung auch auf dem Monitor dargestellt werden.

Eine weitere Restriktion ergibt sich aus der Tatsache, dass aus Kostengründen pro

mulator derzeit nur eine Workstation mit einem Monitor eingesetzt wird. Beim Weglassen eines Mosaiks oder einer Großprojektion muss also die neue Visualisierung erlauben, alle Betriebsfunktionen über wechselnde Bilder auf einem Monitor abzuwickeln. Für den Netzbetrieb ist damit eine Bildhierarchie vorgezeichnet, die auf einem Monitor erlaubt, einerseits das gesamte aus der betreffenden Leitstelle geführte Netz darzustellen, andererseits bis zum Einzelgerätdetail hinabzusteigen. Von der Idee her bietet sich hierzu ein Weltbild mit Cluttering/Decluttering an (s. Kapitel 2.5.2). In praxi ist jedoch diese Idee für die Netzbetriebsführung nicht optimal geeignet, da die hier gebotene, quasi kontinuierliche Navigation in Raum und Detail nicht nur sehr rechenintensiv, sondern auch für den Betriebsführer in der Bedienung eher langsam und umständlich ist. Der Betriebsführer kennt in aller Regel a priori Ort und Detailstufe seiner Aktionen; im nicht vorhersehbaren Störfall muss es Aufgabe des Systems sein, ihn möglichst schnell dorthin zu führen. Sowohl Aufwandsvermeidung als auch Erfüllung der Betriebsbedürfnisse sprechen daher für eine Bildhierarchie, die in mehreren bis vielen Bildern vorrätig gehalten und zwischen denen auf einfache Weise gewechselt wird. Die Anzahl der benötigten Hierarchiestufen ergibt sich aus den nachfolgenden Überlegungen.

Die **oberste** Hierarchiestufe soll ein Bild enthalten, in dem das gesamte geführte Netz im Zusammenhang dargestellt wird. Die auf einem Monitor zur Verfügung stehende Bildfläche gestattet in dieser Hierarchiestufe nicht, die Schaltanlagendetails darzustellen. Die **unterste** Hierarchiestufe muss den informationellen und interaktiven Zugriff zu den Einzelgeräten in den Schaltanlagen ermöglichen. Die Monitorfläche erlaubt auf dieser Detailstufe noch die Darstellung einer großen Schaltanlage, aber nicht mehr des Netzzusammenhangs.

Eine Hierarchiestufe **mittleren** Details, die (noch) den Netzzusammenhang bewahrt, aber (bereits) die interne Topologie der Schaltanlagen erkennen lässt, wäre zweckmäßig, aber bereits die Bildgröße aller Schaltanlagen in Knotenpunktdarstellung und im Netzzusammenhang würde – übliche Netzgrößen vorausgesetzt – die Monitorfläche wesentlich überschreiten. Hier führt die in Kapitel 2.5.3 vorgestellte Idee weiter, in einem Bild unterschiedliche Detailstufen zu mischen. Die Schwierigkeit liegt darin, dass der Platzbedarf für alle Detaileinbettungen bereits im Urbild geplant und vorbereitet werden muss. Auch wird eine Fortsetzung des Verfahrens, d. h. weitere Detaileinbettungen in ein Bild, in dem bereits an einer Stelle Details eingebettet sind, schwierig. Beim in Kapitel 2.5.4 vorgestellten Verfahren der Fisheye View ist keine Vorbereitung erforderlich, aber es wird nur eine stärkere Vergrößerung an einer Stelle geboten. Wie in Kapitel 4.2 noch gezeigt wird, lassen sich diese Schwierigkeiten mit dem neu entwickelten Verfahren der elliptischen Bildexpansion überwinden.

Aufgrund dieser Überlegungen wurde eine dreistufige Bildhierarchie mit folgenden Eigenheiten konzipiert:

- Oberste Hierarchiestufe: „Übersichtsbild“. Das Gesamtnetz wird auf der Fläche eines Monitors mit Unterstationssymbolen und eingetragenen Leitungszügen dargestellt. Durch wenige, zusammengefasste dynamische Einträge erfolgt eine Hinweis- und Leitfunktion. Aus dem Übersichtsbild ist die Anwahl der unteren, detaillierteren Hierarchiestufen möglich. Das weitere Konzept der Übersichts-darstellung ist in Kapitel 4.1.3.1 dargestellt.
- Mittlere Hierarchiestufe: Knotenpunktbilder der Schaltanlagen. Die Knotenpunktbilder werden einzeln nach Anwahl in das Übersichtsbild eingebettet und topologisch angeschlossen. Es können gleichzeitig mehrere Knotenpunktbilder angewählt und eingebettet werden. Auf diese Weise kann sich der Betriebsführer an den Stellen, wo er sie braucht, detaillierte Informationen verschaffen, ohne den Gesamtzusammenhang des Netzes zu lösen. Weitere Einzelheiten der Knotenpunktdarstellung sind in Kapitel 4.1.3.3 gezeigt.
- Unterste Hierarchiestufe: Detaillierte Schaltanlagendarstellung, wie sie bereits im bestehenden System geboten wird, ergänzt um einige Erweiterungen. Im Zuge der Fernsteuerung der Unterstationen muss diese Darstellung auch Interaktionsmöglichkeiten bieten, um Befehle an die Geräte im Netz absetzen zu können. In Kapitel 4.1.3.2 ist sie weiter dargestellt.

4.1.2 Automatische Bilderstellung

Konventionell erfolgt die Erstellung der Betriebsbilder mit CAD-Mitteln, d. h. die Bilder werden einzeln – von Grund auf oder unter Verwendung von Bibliotheksbausteinen – von Hand auf dem Monitorschirm gezeichnet und in ihren dynamischen Teilen an die Prozessdatenbank angeschlossen. Die so aufgebauten Bilder werden in eine Bilddatenbank eingelagert und können von dort auf den Monitor gerufen und um die dynamischen Elemente ergänzt werden.

Die Erstellung des Bildsatzes einer Leitstelle auf diese Weise erfordert größenordnungsmäßig ein Mannjahr Arbeit. Die Erstellung des Bildsystems für eine Trainingssimulatoranwendung mit mehreren Leitstellennachbildungen würde damit prohibitiv aufwendig. Aus diesem Grund wurde bereits im bestehenden System eine Automatik für die Erstellung von Schaltanlagenbildern aus der Prozessdatenbank geschaffen, die diesen Bildsatz in einer Vorbereitungsphase des Trainingssimulators in wenigen Minuten herstellt und in die Bilddatenbank einlagert (s. Kapitel 3.3.1).

Die auf diese Weise erzeugten Bilder dienen im hier vorgestellten System als un-

schluss an die) Prozessdatenbank nur ca. eine Sekunde dauert, wurde diskutiert, auf die Ablage in einer Bilddatenbank zu verzichten und jedes Bild nach Aufruf „just in time“ zu erzeugen. Bei komplexen Schaltanlagentopologien liefert der Automatismus jedoch gelegentlich ungeschickt aufgebaute Bilder, die nacheditiert werden müssen. Diese Nacheditiermöglichkeit besteht jedoch nur, wenn die Bilder in irgendeiner Form hinterlegt sind. Insofern wurde die Bilddatenbank für diese Hierarchiestufe beibehalten.

Das automatische – oder zumindest weitgehend automatische – Design der Bilder muss aus Aufwandsgründen im Rahmen des Trainingssimulators auch für die beiden oberen Hierarchiestufen gefordert werden.

Für die mittlere Hierarchiestufe lässt sich erreichen, dass die angewählten Knotenpunktbilder der Schaltanlagen „just in time“ vollkommen automatisch erzeugt, in das Übersichtsbild (oberste Hierarchiestufe) eingebettet und topologisch angeschlossen werden (s. Kapitel 5.5). Nach der Bildabwahl werden die Knotenpunktbilder wieder vergessen. Eine Bilddatenbank existiert auf dieser Ebene nicht, lediglich topologische Informationen werden in einer Vorbereitungsphase des Trainingssimulators automatisch generiert und für eine zügige Konstruktion der Knotenpunktbilder vorgehalten.

Für das Bild der obersten Hierarchiestufe wird eine Kombination aus automatischem und interaktivem Design in Kauf genommen. Die Gründe hierfür sind: Das für jede Leitstelle zu erzeugende Übersichtsbild soll die Darstellung der Unterstationen in ungefähr geographischer Lage enthalten. Diese topographischen Daten der Unterstationen werden allerdings in der Prozessdatenbank nicht geführt. Zudem zeigten experimentelle Untersuchungen, dass durch Positionierung der Unterstationssymbole anhand der realen topographischen Koordinaten viele Überschneidungen entstanden, die durch Nacheditierung ausgeräumt werden mussten. Bei gewünschter geographischer Anordnung einer großen Anzahl (≥ 100) von Unterstationen ist es allerdings für die Erstaufdatung von Vorteil, wenn die Stationssymbole bereits topographisch vorsortiert sind, um die nötige Korrektur der Positionen der Stationssymbole gering zu halten.

Folgende Vorgehensweise wurde für die oberste Hierarchiestufe konzipiert:

- Automatische Erstellung der Unterstationssymbole, Beschriftung, Datenbankanbindung.
- Anordnung der Stationssymbole anhand des bereits vorhandenen Übersichtsbildes oder, falls dieses nicht existiert, in lexikalischer Ordnung. Falls topographische Daten der Stationen bekannt sind, können diese angegeben werden, wobei anstelle der lexikalischen eine geographische Anordnung der Stationen erfolgt.

- Interaktive topographische Verteilung bzw. Feinkorrektur der Anordnung der Stationssymbole.
- Nach Anwahl erfolgt automatisch der Eintrag der Leitungen ins Bild.
- Es können mehrere Leitstellen definiert werden, die jeweils unterschiedliche Teile des gesamten Netzes führen und für die entsprechend verschiedene – ggf. in Bereichen überlappende – Übersichtsbilder erzeugt werden (s. Kapitel 5.2).

Die Realisierung der automatischen Generierung der Übersichtsbilder ist in Kapitel 6 ausführlich dargestellt.

4.1.3 Bildgestaltung

Die Farbverwendung muss auf allen Hierarchiestufen einheitlich geschehen, um Verwirrungen und Verwechslungen zu vermeiden. Es stehen unter Beachtung der menschlichen Auffassungsgabe (s. Kapitel 2.1.9) sieben unterscheidbare Farben für die Einfärbung von Bildelementen zur Verfügung. Im Trainingssimulator müssen erfahrungsgemäß oft mehrere (bis zu fünf) Spannungsebenen gleichzeitig dargestellt werden. Als Konsequenz hieraus ergibt sich, dass die Farben im wesentlichen für die Codierung der Spannungsebenen vorgehalten werden müssen. Die Codierung von Zuständen muss demzufolge über Symbolformen geschehen, wobei lediglich Weiß bzw. Schwarz (als Neutralfarbe, auch für Beschriftungen bzw. als Fensterhintergrund) und Rot (als Warnfarbe) noch verfügbar gemacht werden können.

4.1.3.1 Übersichtsdarstellung

Auf oberster Hierarchiestufe (Übersichtsbild) steht die Bildgestaltung unter dem Zwang, die potentielle und aktuelle Topologie sowie wichtige Zustände in möglichst gedrängter Form wiederzugeben. Bei der Darstellung der Unterstationen bestehen die bereits in Kapitel 2.5.5 dargelegten Möglichkeiten, entweder statische Symbole zu verwenden oder bereits in der Übersicht die stationsinterne Topologie in komprimierter Form darzustellen. Problematisch bei der zweiten Art der Darstellung ist, dass diese nicht allgemeingültig für alle Anlagenkonfigurationen durchzuhalten ist. So ist in dem in Kapitel 2.5.5 gezeigten Beispiel der kreisförmigen Sammelschienen nur eine übersichtliche Darstellung von maximal ca. drei Sammelschienengruppen gewährleistet; bei einer größeren Anzahl müsste eine andere Darstellung erfolgen. Um durch eine allgemeingültige Lösung eine automatische Generierung der Übersichtsbilder zu ermöglichen, wird in der neuen Visualisierung bei der Darstellung der Stationen somit auf eine direkte Anzeige der stationsinternen Topologie verzichtet. Stattdessen werden die Stationen durch

rechteckige Symbole angezeigt, die auf Anwahl durch eine Darstellung in mittlerer Hierarchiestufe (s. u.) ersetzt werden können.

Bereits aus einer Leitstelle sind oft mehrere Spannungsebenen zu betreiben, die durch entsprechende Farbcodierungen der Unterstationskästen und Leitungen erkennbar sind. Unterstationen enthalten jedoch häufig Schaltanlagen auf mehreren Spannungsebenen. Sofern mehrere dieser Spannungsebenen im Zuständigkeitsbereich einer Leitstelle liegen, ist dem betreffenden Unterstationskasten keine Spannungsebenenfarbe mehr zuzuordnen. Diese Problematik wird gelöst, indem diesem Unterstationskasten die Neutralfarbe Weiß zugeordnet wird. Durch die Farben der in der Unterstation endenden Leitungszüge bleibt erkennbar, welche Spannungsebenen in der Station vorhanden sind. Falls nur eine Spannungsebene in der Zuständigkeit einer Leitstelle liegt, erhält das Stationssymbol die betreffende Spannungsebenenfarbe. Aber auch in diesem Fall muss kenntlich bleiben, ob es sich um eine reine Schaltstation handelt oder ob das Netz in dieser Station zu höheren Spannungsebenen („nach oben“), zu tieferen Spannungsebenen oder Lasten („nach unten“) oder parallel zu Fremdnetzen auf gleicher Spannungsebene Verbindungen aufweist. Ersteres wird in Oben-Unten-Symbolik durch Verstärkung des Kastenrahmens des Stationssymbols oben und/oder unten dargestellt; Anschlüsse an Fremdnetze werden durch Leitungszüge, die an speziellen Symbolen enden, wiedergegeben.

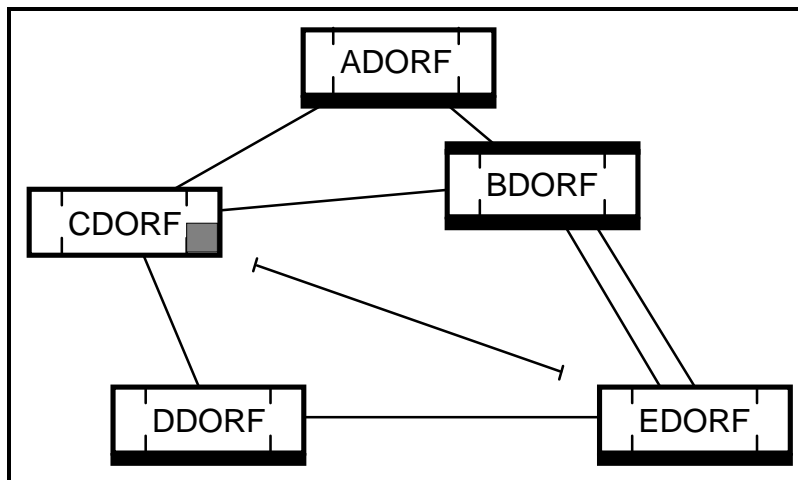
Um das Übersichtsbild nicht zu überladen oder auszudehnen, bleiben dynamische Einträge zunächst beschränkt auf den Durchschaltzustand der Leitungen und vier Meldungen, die in den Ecken des Stationskastens als Leuchtpunkte (mit Blinkfunktion) erscheinen. Sie dienen als Warn- bzw. Hinweisfunktion zur Bedienerführung. Um diese grundsätzliche Beschränkung zu überwinden, ist konzeptuell vorgesehen, anwahlabhängig verschiedene Anzeigefunktionen ins Bild zu rufen (s. [RUM-93]). In diesem Sinne ist auch die „Hier“-Meldung zu sehen, die es erlaubt, freizügig Anfragen und Bedingungen in GDL-Syntax zu formulieren, wobei im Übersichtsbild an den Stationskästen eine Anzeige erscheint, wo die Bedingungen erfüllt sind (s. Kapitel 5.9).

Die Leitungen zwischen den Stationen werden als Linienzug wiedergegeben. Im Gegensatz zu der in Bild 2-4 (Seite 38) gezeigten Übersichtsdarstellung auf der Mosaikwand mit einer rechtwinkligen Leitungsführung können auf dem Monitor auch diagonale Leitungen dargestellt werden. Die diagonale Leitungsführung bietet mehrere Vorteile:

- Sie ist mit dem Auge einfach zu verfolgen.
- Der Verlauf der Leitungen kann leicht automatisch ermittelt werden, wenn man die Regel verfolgt, dass die Leitungen auf die Mittelpunkte der zugehörigen

Bei parallelen Leitungen besteht prinzipiell die Möglichkeit, diese nur durch einen einzigen Linienzug abzubilden, der eine entsprechende Markierung aufweist. Dies wird jedoch nicht genutzt, sondern parallele Leitungen werden durch parallele Linienzüge abgebildet. Hierdurch wird die Wahrnehmung dieser Leitungen besser unterstützt und für die dynamische Kennzeichnung diverser Zustände der einzelnen Leitungen ergeben sich klare Regeln, die dem Betrachter direkt offensichtlich sind. Die Realisierung der Leitungsdarstellung ist in Kapitel 5.4 gezeigt.

In **Bild 4-1** ist die Prinzipdarstellung eines Übersichtsbild gezeigt. In allen Stationen, außer CDORF, sind – erkennbar am verdickten unteren Rand des Kastens –



unterlagerte Spannungsebenen bzw. Lasten enthalten. Die Station BDORF besitzt zusätzlich einen Anschluss zu einer überlagerten Spannungsebene. Alle Leitungen, bis auf die Leitung zwischen CDORF und EDORF, sind beidseitig eingeschaltet und in der Station CDORF wird eine globale Meldung signalisiert.

Bild 4-1: Übersichtsbild (Prinzipdarstellung)

In dieser Detailstufe lässt sich ein globaler Überblick über den aktuellen Schaltzustand der Leitungen und anstehende Sammelmeldungen in den einzelnen Unterstationen des gesamten Netzes gewinnen. Er wird speziell dann benötigt, wenn sich durch unvorhergesehene Ereignisse der Zustand des Netzes wesentlich verändert hat und in einem ersten Schritt vom Betriebsführer das Ausmaß bzw. der genaue Ort des Geschehens evaluiert werden muss. Die Realisierung der Unterstationsdarstellung ist in Kapitel 5.3 gezeigt.

4.1.3.2 Detaillierte Anlagendarstellung

Die Bildgestaltung der Anlagenbilder als unterster Hierarchiestufe mit vollem Detail wird in den Leitstellen seit Jahren praktiziert. Hier liegen reichhaltige Erfahrungen vor, die bereits in [SCH-91] gesammelt und im vorhandenen System eingesetzt wurden. Die Problematik an dieser Stelle lag in der Behandlung der vielfältigen Strukturen. Auch für die Zustandscodierung durch Symbolformen konnten aus der Praxis günstige Lösungen übernommen werden.

Die detaillierte Anlagendarstellung wird zur Durchführung von Schalthandlungen in einer Anlage und Kontrolle detaillierter Messwerte oder Meldungen benötigt.

stigen Primärgeräte werden hier in ihrem topologischen Zusammenhang gezeigt. Für jede Anlage wird aus den in Kapitel 4.3 genannten Gründen ein eigenes Anlagenbild vorgehalten.

In **Bild 4-2** ist ein Anlagenbild exemplarisch gezeigt. Dargestellt werden alle vor-

handenen Sammelschienen und neben den aktuellen Zuständen aller Schaltgeräte auch wichtige Messwerte und Meldungen, die außergewöhnliche Zustände oder Ereignisse signalisieren. Aus dem Anlagenbild ist die Steuerung der beeinflussbaren Geräte direkt möglich. Der Zustand von nicht ferngemeldeten Geräten ist vom Anlagenbild aus im Datenmodell nachführbar. Zu den dargestellten Elementen zählen neben den Schaltgeräten und Meldungen auch andere Teile der Primärtechnik, wie z. B. Stellungsmeldungen der Stufenschalter an Transformatoren. Anhand der dargestellten Messwerte der Sammelschienen-

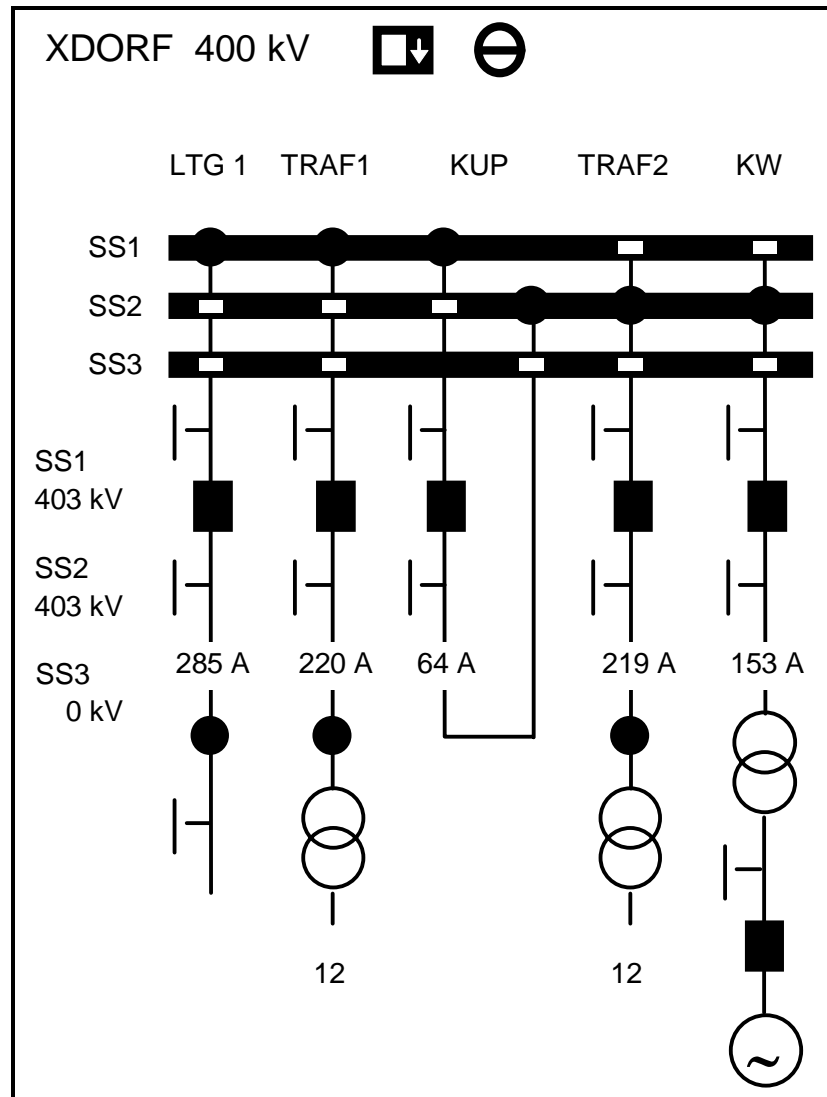


Bild 4-2: Anlagenbild (Prinzipdarstellung)

spannungen und der Ströme in den einzelnen Feldern können die Betriebsmittel auf Einhaltung vorgegebener Wertebereiche oder Auslastungen überwacht werden. Am oberen Bildrand befinden sich neben dem Anlagennamen einige Meldungen der Anlage, die z. B. aus der Sekundärtechnik stammen können. Die Realisierung der Anlagendarstellung ist in Kapitel 5.6 gezeigt.

4.1.3.3 Knotenpunktdarstellung

Die mittlere Hierarchiestufe lässt sich auf den ersten Blick mit einfachen Knotenpunktbildern und einem generellen Einbettverfahren schlank bewältigen: im Detail

In der Knotenpunktdarstellung werden von einer Anlage neben allen Hauptsammelschienen nur die Durchschaltzustände der Felder bzw. Kupplungen dargestellt. Auf die Darstellung von einzelnen Schaltgeräten oder Messwerten wird verzichtet, um die Darstellung kompakt zu halten. So kann der aktuelle Zustand, den die Anlage für das außenliegende Netz darstellt, verdichtet angezeigt werden.

In **Bild 4-3** ist die Knotenpunktdarstellung der Anlage XDORF (vgl. Bild 4-2) gezeigt. In dem abgebildeten Zustand werden zwei der drei Hauptsammelschienen benutzt, um über die Querkupplung einen Leitungsabgang und einen Transformator mit einem zweiten Transformator und einer Kraftwerkseinspeisung zu verbinden. Der Zustand der Sammelschienen wird durch ihre Füllung kenntlich gemacht. Benutzte Sammelschienen werden als gefüllte Rechtecke dargestellt, während unbenutzte als unausgefülltes Rechteck dargestellt werden.

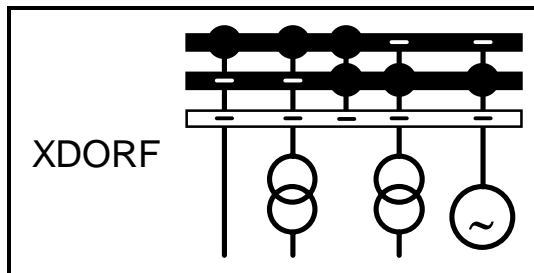


Bild 4-3: Knotenpunktbild (Prinzipdarstellung)

benutzt, um über die Querkupplung einen Leitungsabgang und einen Transformator mit einem zweiten Transformator und einer Kraftwerkseinspeisung zu verbinden. Der Zustand der Sammelschienen wird durch ihre Füllung kenntlich gemacht. Benutzte Sammelschienen werden als gefüllte Rechtecke dargestellt, während unbenutzte als unausgefülltes Rechteck dargestellt werden.

Die Durchschaltzustände der einzelnen Felder werden an den Sammelschienen durch die gefüllten kreisförmigen Markierungen zusammenfassend dargestellt. Die konkrete Realisierung der Knotenpunktdarstellung ist in Kapitel 5.5 gezeigt.

4.2 Dynamische Expansion

Zur Einbettung der Knotenpunktbilder (der „geöffneten Kästen“) muss im Übersichtsbild Platz geschaffen werden. Je nach dem Umfang der aktuell einzubettenden Schaltanlage kann der Platzbedarf aber sehr unterschiedlich ausfallen. Auch bei den im Kapitel 2.5 aufgeführten Verfahren wird für die Darstellung der Details eine Flächenvergrößerung benötigt. Diese wird von vornherein vorgehalten (Aufgabenbezogene Netzdarstellung) oder ad hoc gewonnen, indem das Bild proportional (Weltbild) oder im verzerrten Maßstab (Fisheye View) vergrößert wird.

Bei der Aufgabenbezogenen Netzdarstellung muss bereits bei der Konstruktion des Bildes der Raum für eventuell erfolgende Einbettungen vorgehalten werden, was (speziell bei der Berücksichtigung von möglichen Mehrfacheinbettungen) zu nicht optimal gestalteten Bildern führt. Die Anwendung des Verfahrens der Weltbilder setzt voraus, dass bei der Bildkonstruktion die verschiedenen Detailstufen einzeln konstruiert und geometrisch aufeinander abgestimmt werden, wozu ein erheblicher Aufwand erforderlich ist. Bei dem Verfahren der Fisheye View wirken sich die extremen Verzerrungen des Bildes bei der Einbettung von Detailinformationen nachteilig aus. Diese Eigenheit wird bei Mehrfacheinbettungen noch verstärkt.

Da keines der genannten Verfahren zufriedenstellende Ergebnisse versprach, wurde ein neues Verfahren entwickelt, das es erlaubt,

- Übersichtsbilder ohne Rücksicht auf spätere Einbettungen zu gestalten,
- Einbettungen ad hoc und nach dem lokalen Platzbedarf vorzunehmen,
- sukzessive an verschiedenen Stellen des Übersichtsbildes Einbettungen vorzunehmen und somit eine Fortsetzbarkeit des Verfahrens gewährleistet.

Die grundlegende Novität dabei ist, dass die benötigte Fläche nicht durch Bildvergrößerung, sondern sozusagen aus dem Nichts heraus, durch Expansion eines Bildpunkts, geschaffen wird. Sie kann ad hoc für die jeweils einzubettende Darstellung (z. B.: Knotenpunktbild) bemessen werden. Das Übersichtsbild wird vom Mittelpunkt dieser Fläche her zentral expandiert. An die Expansionsfigur ist die Forderung zu stellen, die einzubettende Graphik vollständig zu umschließen; die äußere Gestalt ist, solange sie algorithmisch beschreibbar ist, im Prinzip frei wählbar. Aufgrund der häufig benötigten Berechnungen sollte es allerdings aus Rechenzeitgründen eine einfach zu berechnende Figur sein.

Bild 4-4 zeigt anhand eines Gitternetzes das Verhalten der Bildfläche bei diesem Verfahren in Abhängigkeit von der Form der expandierten Fläche.

- Eine Rechteckfläche ist leicht berechenbar, führt aber – speziell an den Ecken – zu Gitterkanten, die sich bis zu beliebiger Entfernung fortsetzen.
- Bei einer elliptischen Figur sind die Verzerrungen im Nahbereich geringer und verschwinden im Fernbereich weitgehend.

Aus diesem Grunde wird eine elliptische Expansionsfigur eingesetzt und der etwas höhere Rechenaufwand in Kauf genommen.

Bei flächendeckender Anwendung dieses Verfahrens auf das Übersichtsbild wäre der Rechenaufwand beträchtlich und es würde auch zu Verzerrungen der Stationskästen und der vorher eingebetteten Knotenpunktbilder kommen. Es ist daher zu fordern, dass diese bei der Expansion in sich starr verschoben werden. Hierdurch sinkt der Rechenaufwand drastisch, da nur noch die Mittelpunkte der betreffenden Objekte behandelt werden müssen. Bei der Erstellung des Übersichtsbildes dienen die Mittelpunkte der Stationskästen beim Leitungseintrag als Zielpunkte. Bei Einbettung eines Knotenpunktbildes treten in dieser Anlage neuerdings die Abzweigungspunkte als Zielpunkte der zugehörigen Leitungen auf, so dass an diesen Stellen die Leitungen ohnehin neu konstruiert werden müssen. Es ist daher mit geringstem Aufwand möglich, nach der Expansion des Bildes die Leitungszüge insgesamt neu auszurichten und einzutragen. Die explizite Behandlung von Leitungen bei der

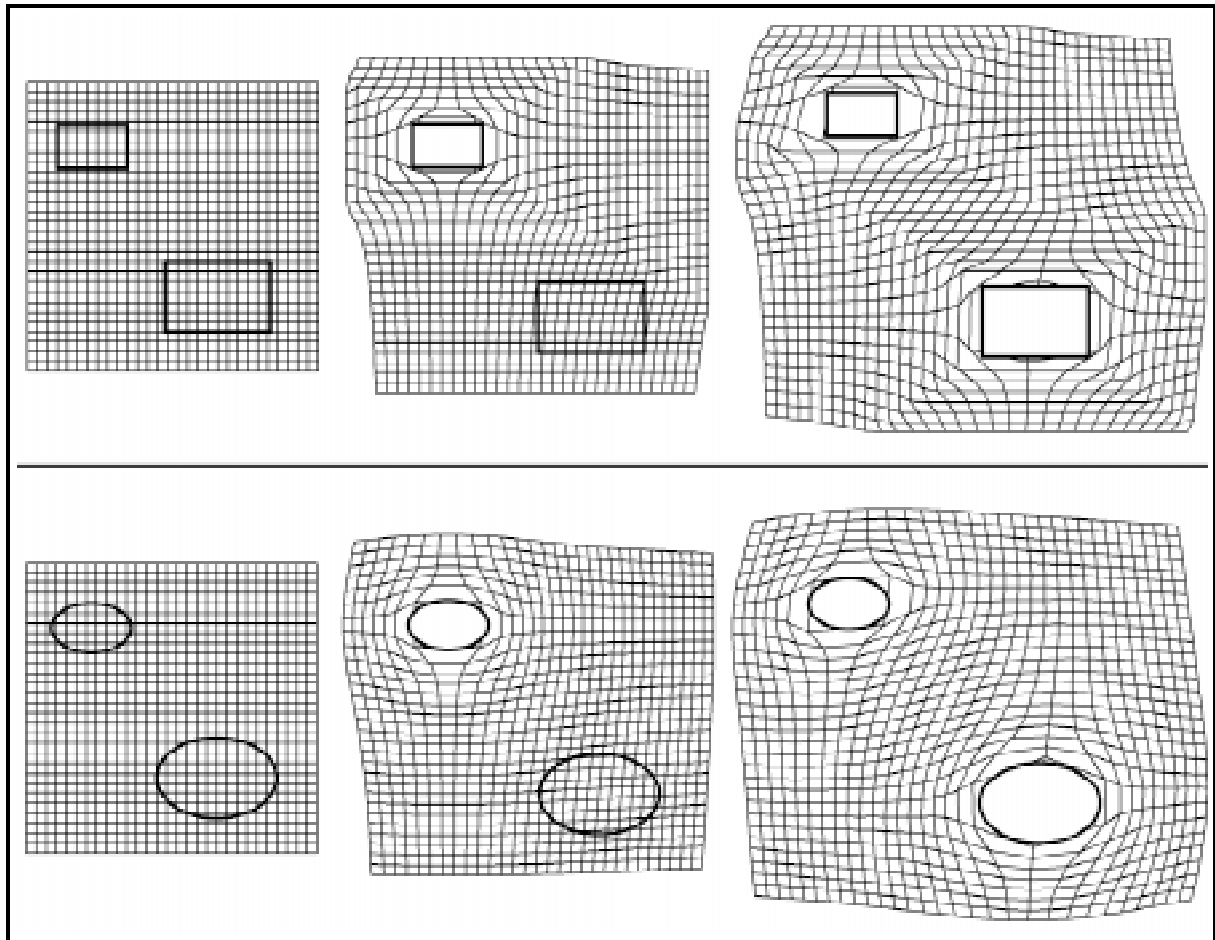


Bild 4-4: Vergleich der rechteckigen und der elliptischen Expansion

Es zeigt sich, dass sich die Gestaltung des Übersichtsbildes mit direkt geführten, diagonalen Leitungszügen bemerkenswert gut für die Elliptische Expansion eignet. Die Realisierung der Elliptischen Expansion ist in Kapitel 5.7 gezeigt.

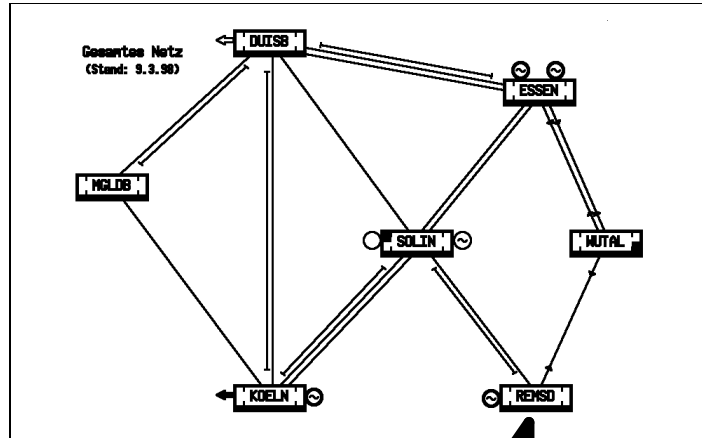
4.3 Navigation im Bildsystem

Durch Navigation innerhalb der Bildhierarchie soll der Betriebsführer in der Lage sein, sich alle erforderlichen Betriebsübersichten und Interaktionsmöglichkeiten zu verschaffen. **Bild 4-5** gibt eine Übersicht über das Navigationskonzept.

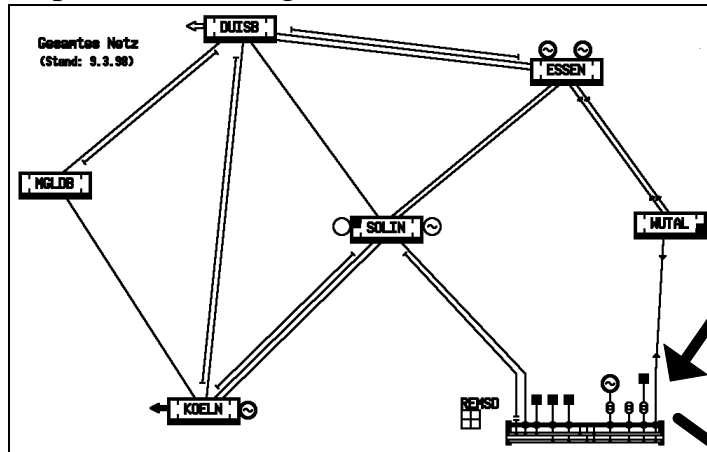
Navigator



Übersichtsbild



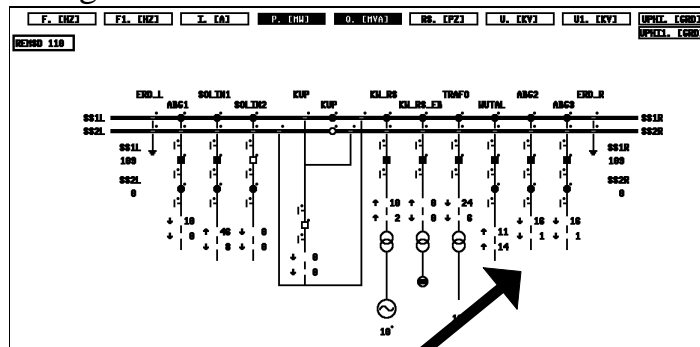
Übersichtsbild (mit Knotenpunktdarstellung)



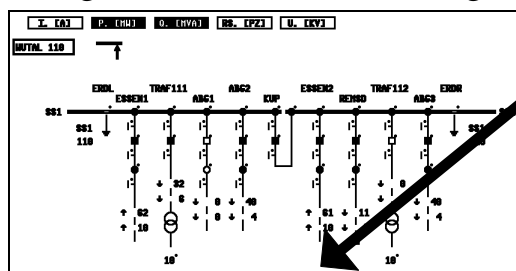
Anwahl der Knotenpunktdarstellung

Direkte Anwahl der Anlage

Anlagenbild



Anlagenbild einer Nachbaranlage



Anwahl über Leitungsende

Befehlseingabe

REHSD110*ABG3
LS

AUS EIN

STEUERN M. STEUERN SETZEN

ABBRUCH DURCHFÜHREN

Es ist nicht immer möglich, das Übersichtsbild eines Verbundsystems in oberster Hierarchiestufe auf einem Monitor darzustellen. Bei großen Netzen muss damit gerechnet werden, dass Teile des Übersichtsbildes jenseits des Monitor- (bzw. Fenster-) rahmens liegen. Um diese Bildteile erreichen zu können, muss das Übersichtsbild auf dem Monitor verschiebbar sein. Hierzu wird zweckmäßig ein Navigationsfenster verwendet, das in verkleinerter Form das Gesamtbild enthält. Im Navigationsfenster werden blinkende Hinweisfunktionen in komprimierter Form wiederholt und bleiben so auch dann sichtbar, wenn der betreffende Teil des Übersichtsbildes außerhalb des aktuell sichtbaren Rahmens liegt. Durch Anwahl einer Position im Navigatorfenster wird der Monitorauschnitt des Übersichtsbildes entsprechend verschoben. Die Realisierung des Navigatorfensters wird in Kapitel 5.10 näher dargestellt.

Über Anwahlpunkte in den Stationskästen können einerseits ein oder mehrere Knotenpunktbilder der mittleren Hierarchiestufe ins Übersichtsbild eingebettet werden. Dabei wird das Übersichtsbild nochmals vergrößert. Es ist daher erforderlich, auf dieser Hierarchiestufe die Navigationsfenster-Funktion zu erhalten und anzupassen.

Andererseits kann die detaillierte Darstellung einer Schaltanlage auf den Monitor gerufen werden. Da eine Unterstation (auch in der Zuständigkeit einer Leitstelle) Schaltanlagen auf mehreren Spannungsebenen enthalten kann, sind ggf. Zwischenauswahlen der gewünschten Spannungsebenen erforderlich (s. u.). Detaillierte Anlagenbilder sind zum Teil sehr umfangreich (Mittelspannungs-Speisestationen besitzen bis zu 50 Felder) und schwerlich auf einem Monitorbild unterzubringen. Man findet daher in der Praxis öfter Darstellungsformen mit U-förmigen oder mehrfach übereinanderliegenden Sammelschienenteilen. Ein solches Bilddesign erfordert ein anlagenspezifisches Vorgehen und lässt sich praktisch nicht automatisieren. Das Visualisierungssystem verwendet daher automatisch konstruierte Anlagenbilder mit gestreckten Sammelschienen in vertikaler oder (meist vorgezogen) horizontaler Ausrichtung und sieht eine Navigationsmöglichkeit (Panning) in alle vier Richtungen vor, falls der Fensterrahmen überschritten wird.

Weiterhin ist auf Schaltanlagenebene eine Navigation zur Gegenanlage über die Enden der Leitungs- bzw. Transformatorabgänge vorgesehen. Bei Anwahl eines Anlagenbildes auf diesem Wege wird der betreffende Feldabgang im neu aufgerufenen Anlagenbild markiert; durch Anwahl dieser Markierung ist die Rückkehr ins Ausgangsbild möglich. So lässt sich der Vorgang des beidseitigen Leitungs- und Transformatorschaltens einfach und ohne spezifische Bildgestaltung abwickeln. Das Verfahren lässt sich beliebig fortsetzen, so dass die Möglichkeit besteht, auf unterster Hierarchiestufe von Schaltanlage zu Schaltanlage durch das gesamte Netz zu navigieren. Über die Anwahl von Transformatorabgängen sind auch ande-

Ein Überblick über die stationsinterne Verschaltung eines ganzen Leitungszugs lässt sich auf mittlerer Detailstufe gewinnen, indem in diesem Leitungszug alle Schaltanlagen angewählt und durch Knotenpunktbilder ersetzt werden.

4.4 Befehlseingabe

Die Eingabe von Einzelbefehlen und -steuerungen erfolgt üblicherweise auf der untersten Hierarchiestufe, wo die einzelnen Objekte dargestellt sind und durch Anwahl zur Betätigung ausgewählt werden können. Nach der Anwahl eines Objekts erscheint ein *Schaltfenster* (s. Bild 4-5, unten rechts), das folgende Angaben enthält:

- Den vollen Deskriptor des Objekts. Im Anlagenbild erscheint das Objekt nur als graphisches Symbol, welches anhand der zugehörigen Feldbezeichnung einem Feld zugeordnet wird. Der Alpha-Deskriptor ermöglicht eine Kontrolle der richtigen Anwahl und kann verwendet werden, um telefonische Anweisungen an eventuell vorhandenes Personal durchzugeben.
- Beschriftete Anwahltasten (Softtasten) für alle Betätigungsmöglichkeiten. Der gegenwärtig bestehende Zustand ist markiert und gegen erneute Anwahl gesperrt. Auch der im Schaltfenster durch Anwahl eingetragene Neuzustand wird gesondert markiert.
- Eine eigene Anwahltaste („DURCHFÜHREN“) ist zur Auslösung eines Befehls, der das Objekt in den Neuzustand überführt, vorgesehen. Auf diese Weise wird vor der Befehlsaussendung eine nochmalige Kontrolle ermöglicht.

Weitere Betätigungsmöglichkeiten bestehen in Form von Alphaeingaben von Einzelbefehlen (s. Kapitel 5.8.3) oder durch Aufruf des Schaltfolgenprogramms (s. Kapitel 5.8.4). Für das beidseitige Leitungsschalten wurde zusätzlich ein automatischer Aufruf des Schaltfolgenprogramms aus dem Übersichtsbild vorgesehen (s. Kapitel 5.8.5).