



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 060 720 A1** 2007.06.28

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 060 720.9**

(22) Anmeldetag: **19.12.2005**

(43) Offenlegungstag: **28.06.2007**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01H 1/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Siemens AG, 80333 München, DE**

(72) Erfinder:

**Borger, Thomas, 64846 Groß-Zimmern, DE; Kreb,  
Walter, 76848 Schwanheim, DE; Lehmann, Ulrich,  
76744 Wörth, DE; Schwab, Robert, 76187  
Karlsruhe, DE; Sieberling, Hans-Günther, Dr.,  
65719 Hofheim, DE; Trockel, Raimund, Dr., 64367  
Mühltal, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

**DE 199 10 329 C2**

**DE10 2005 003489 A1**

**DE10 2004 020997 A1**

**DE 43 103 95 c29 A1**

**DE 103 23 324 A1**

**DE 103 04 215 A1**

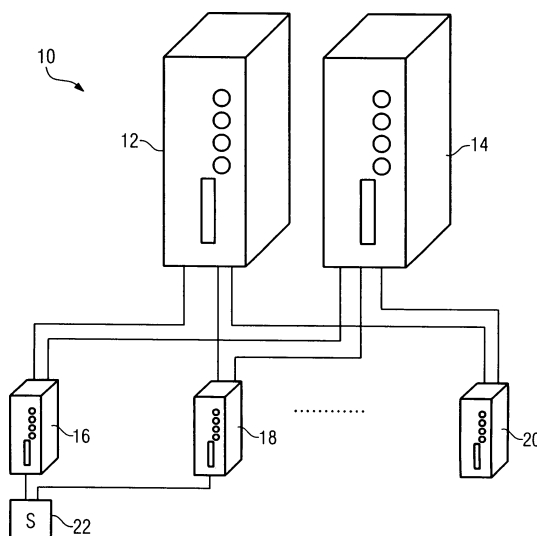
**DD 2 96 154 A5**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Überwachungssystem, insbesondere Schwingungsüberwachungssystem und Verfahren zum Betrieb eines solchen Systems**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Überwachungssystem, insbesondere Schwingungsüberwachungssystem, sowie ein Verfahren zum Betrieb eines solchen Systems mit feinstufig einstellbarer Verfügbarkeit von auf der einen Seite "rein einkanalig" bis auf der anderen Seite "ein-Fehler-tolerant" und "beschränkt zwei-Fehler-tolerant" ohne die Notwendigkeit weiterer spezieller Hardwarekomponenten.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Überwachungssystem, insbesondere ein Schwingungsüberwachungssystem, sowie ein Verfahren zum Betrieb eines solchen Systems. Überwachungssysteme sind allgemein bekannt. Sie umfassen als Sensorik zumindest einen Sensor, wobei der oder jeder Sensor am überwachten System Daten aufnimmt, die eine Aussage über den Zustand des Systems erlauben. Zur Reduzierung des Verdrahtungsaufwands in komplexen Systemen hat sich die Verwendung von Feldgeräten, an die eine Mehrzahl von Sensoren sowie sonstige Prozessperipherie anschließbar ist, durchgesetzt. Solche Feldgeräte werden im Folgenden unter dem Begriff Vorverarbeitungseinheit zusammengefasst.

**[0002]** Die Erfindung betrifft insbesondere ein Überwachungssystem der oben genannten Art, insbesondere ein Schwingungsüberwachungssystem, also ein System, das außergewöhnliche Schwingungen eines technischen Systems, wie z. B. eine Turbine, d. h. Schwingungen mit außergewöhnlicher Amplitude und/oder Frequenz erkennt, und zwar insbesondere fehlersicher erkennt, und gegebenenfalls in Ansehung solcher erkannter Situationen auch Maßnahmen, insbesondere die Abschaltung des Gesamtsystems oder relevanter Teilsysteme, dies gegebenenfalls auch fehlersicher, veranlasst. Dazu ist bei einem Überwachungssystem der eingangs genannten Art mit einer Mehrzahl von Sensoren, darunter mindestens einer in redundanter Ausführung, mit mindestens einer Vorverarbeitungseinheit und mindestens einer Verarbeitungseinheit vorgesehen, dass jeder Sensor redundant an mindestens eine Vorverarbeitungseinheit und jede Vorverarbeitungseinheit redundant an mindestens eine Verarbeitungseinheit anschließbar ist. Ein Sensor, gegebenenfalls auch jeder Sensor, kann also gemäß der Erfindung einer oder zwei Vorverarbeitungseinheiten zugänglich gemacht werden. Dies wird für jeden Sensor einzeln ausgewählt, insbesondere durch entsprechenden Anschluss, also durch Nutzung der redundanten Anschließbarkeit. Des Weiteren ist auch jede Vorverarbeitungseinheit derart ausgeführt, dass sie mit einer oder zwei Verarbeitungseinheiten, z. B. einer so genannten Zentraleinheit eines Steuerungssystems (Zentralstation), in Verbindung stehen kann.

**[0003]** Der Vorteil der Erfindung besteht darin, dass ohne den Einsatz spezieller Hardware das Maß der Verfügbarkeit des Überwachungssystems über einen weiten Bereich variiert werden kann. Im Vollausbau ist das Überwachungssystem sogar ein-Fehler-tolerant, und zwar in dem Sinne, dass ein Einfachfehler im Überwachungssystem keinerlei Informationsverlust nach sich zieht. Dies gilt sogar dann noch, wenn je ein Einfachfehler in den Vorverarbeitungseinheiten und/oder den Verarbeitungseinheiten auftritt.

**[0004]** Die abhängigen Ansprüche sind auf bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung gerichtet.

**[0005]** Bevorzugt weist jeder Sensor Kontakte zum redundanten Anschluss an zwei Vorverarbeitungseinheiten auf. Auf diese Weise kann für jeden Sensor individuell festgelegt werden, ob das von diesem Sensor gelieferte Datum zur redundanten Verarbeitung durch eine nachfolgende Vorverarbeitungseinheit vorgesehen ist.

**[0006]** Weiter bevorzugt ist vorgesehen, dass das Überwachungssystem in einer konkreten Ausführung, also über die oben formulierte bloße Möglichkeit hinaus, tatsächlich mindestens zwei Vorverarbeitungseinheiten, also eine Vorverarbeitungseinheit und eine redundante Vorverarbeitungseinheit aufweist. Dabei ist mindestens ein Sensor gleichzeitig an eine Vorverarbeitungseinheit sowie eine redundante Vorverarbeitungseinheit angeschlossen. Neben der mindestens einen Vorverarbeitungseinheit und ihrem jeweiligen redundanten Pendant kann das Überwachungssystem weitere Vorverarbeitungseinheiten umfassen, die nicht notwendigerweise in die Redundanz einbezogen sind.

**[0007]** Wenn jede Vorverarbeitungseinheit Schnittstellen zum redundanten Anschluss an zwei Verarbeitungseinheiten aufweist, kann auch der Kommunikationspfad von jeder Vorverarbeitungseinheit zur jeweiligen Verarbeitungseinheit nach Maßgabe der jeweiligen Randbedingungen aus dem technischen Prozess redundant oder nichtredundant ausgeführt werden. Die Entscheidung in dieser Hinsicht trifft der Anlagenplaner oder gegebenenfalls auch der Inbetriebnehmer.

**[0008]** In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung umfasst das Überwachungssystem auch in Bezug auf die Verarbeitungseinheiten in einer konkreten Ausgestaltung, abweichend von der weiter oben formulierten bloßen Möglichkeit, tatsächlich mindestens eine Verarbeitungseinheit und mindestens eine dazu redundante Verarbeitungseinheit. Weitere Verarbeitungseinheiten können vorgesehen sein, ohne in die Redundanz einbezogen zu sein. Bei einer solchen Ausführungsform des Überwachungssystems ist weiter vorteilhaft vorgesehen, dass mindestens eine Vorverarbeitungseinheit gleichzeitig an eine Verarbeitungseinheit und eine dazu redundante Verarbeitungseinheit angeschlossen ist. Besonders bevorzugt ist vorgesehen, dass bei zumindest einer Vorverarbeitungseinheit und einer dazu redundanten Vorverarbeitungseinheit die Vorverarbeitungseinheit gleichzeitig an eine Verarbeitungseinheit sowie eine dazu redundante Verarbeitungseinheit und ebenfalls die redundante Vorverarbeitungseinheit an eine oder die Verarbeitungseinheit und gleichzeitig an eine dazu redundante Verarbeitungseinheit angeschlos-

sen ist. Damit ergibt sich eine Redundanz sowohl auf der Ebene der Vorverarbeitungseinheiten, auf der Ebene der Verarbeitungseinheiten wie auch auf der Ebene der zwischen beiden Ebenen bestehenden Kommunikationsverbindungen.

**[0009]** Zum Betrieb des erfindungsgemäßen Überwachungssystems ist ein von der Erfindung umfasstes Verfahren vorgesehen, bei dem Sensordaten von dem oder jedem Sensor an die oder jede jeweils angeschlossene Vorverarbeitungseinheit und Terminaldaten von der oder jeder Vorverarbeitungseinheit an die oder jede jeweils angeschlossene Verarbeitungseinheit übermittelt werden. Sowohl der Ausdruck „Vorverarbeitungseinheit“ als auch der Ausdruck „Verarbeitungseinheit“ umfasst die jeweilige Einheit selbst und ein gegebenenfalls vorhandenes redundantes Pendant. Diese Verwendung der Begriffe wird im Folgenden fortgeführt.

**[0010]** Weiter bevorzugt ist vorgesehen, dass beim Empfang von redundanten Sensordaten jede Vorverarbeitungseinheit ein voting durchführt. Wenn also eine Vorverarbeitungseinheit von redundanten Sensoren entsprechend redundante Sensordaten empfängt, die, ordnungsgemäße Funktion der Sensoren und der jeweiligen Übertragungsstrecke vorausgesetzt, grundsätzlich gleiche oder zumindest im Wesentlichen gleiche Werte repräsentieren sollten, kann im Falle von Abweichungen in einer Gruppe solcher Daten mittels eines votings die Weiterleitung derjenigen Daten oder desjenigen Datums ausgelöst werden, die bzw. das die größte Plausibilität beinhaltet bzw. beinhalten. Voting als solches ist an sich bekannt und wird hier nicht weiter erläutert.

**[0011]** Ein ähnlicher Verarbeitungsschritt kann zusätzlich oder alternativ auch auf der Ebene der Verarbeitungseinheit beim Empfang von redundanten Terminaldaten durchgeführt werden. Wenn nach Übermittlung der Sensordaten von dem oder jedem Sensor zur Vorverarbeitungseinheit und von dort nach einer Weiterleitung der gegebenenfalls transformierten, z. B. analog-digital-gewandelten, Sensordaten an eine oder mehrere Verarbeitungseinheiten in Form von Terminaldaten die eigentlichen Prozessdaten damit schließlich auf der Ebene der Verarbeitungseinheit vorliegen, kann bei einem Überwachungssystem mit einer Verarbeitungseinheit und einer redundanten Verarbeitungseinheit vorgesehen sein, dass in Ansehung der Sensordaten, also der eigentlich zugrunde liegenden Daten, eine Aktion durch die Verarbeitungseinheit oder die redundante Verarbeitungseinheit nur erfolgt, wenn Verarbeitungseinheit und redundante Verarbeitungseinheit gleiche Terminaldaten, also die aus den Sensordaten hervorgehenden Daten, oder nach einem voting in Ansehung der Terminaldaten insoweit gleiche Daten oder im Wesentlichen gleiche Daten vorliegen haben. Bei einer Überwachung z. B. einer Turbine auf außer-

gewöhnliche Schwingungen erfolgt dann eine Behandlung einer Ausnahmesituation, also z. B. eine Behandlung außergewöhnlicher Frequenzen oder Amplituden insbesondere im Wege des Abschaltens der Turbine oder einzelner Aggregate dieser Turbine dann und nur dann, wenn die mutmaßlich außergewöhnlichen Schwingungsdaten je nach vorliegender Redundanz, also je nach Ausbaugrad des Überwachungssystems, auf der Ebene der Verarbeitungseinheit in abgesicherter Form vorliegen, d. h. wenn Daten, die auf außergewöhnliche Schwingungen hindeuten, zumindest von zwei redundanten Sensoren vorliegen oder, wenn keine redundanten Sensoren vorhanden sind, eine Verarbeitung der Sensordaten durch zumindest zwei redundante Vorverarbeitungseinheiten stattgefunden hat oder, wenn keine redundanten Vorverarbeitungseinheiten vorliegen, eine Verarbeitung der Terminaldaten durch zumindest zwei Verarbeitungseinheiten stattgefunden hat. Neben der Möglichkeit, auf Redundanz in den einzelnen Ebenen zu verzichten, besteht natürlich auch die Möglichkeit, jede Ebene redundant auszuführen und damit insgesamt die Verlässlichkeit des Überwachungssystems zu erhöhen. So kann entsprechend eine Behandlung einer Ausnahmesituation auch dann vorgesehen sein, wenn redundante Sensordaten, die auf eine außergewöhnliche Schwingung an der Turbine hindeuten, vorliegen, die durch redundante Vorverarbeitungseinheiten verarbeitet und redundante Verarbeitungseinheiten ausgewertet werden.

**[0012]** Die mit der Anmeldung eingereichten Patentsprüche sind Formulierungsvorschläge ohne Präjudiz für die Erzielung weitergehenden Patentschutzes. Die Anmelderin behält sich vor, noch weitere, bisher nur in der Beschreibung und/oder Zeichnungen offenbarte Merkmalskombinationen zu beanspruchen.

**[0013]** Das oder jedes Ausführungsbeispiel ist nicht als Einschränkung der Erfindung zu verstehen. Vielmehr sind im Rahmen der vorliegenden Offenbarung zahlreiche Abänderungen und Modifikationen möglich, insbesondere solche Varianten, Elemente und Kombinationen, die z. B. durch Kombination oder Abwandlung von einzelnen in Verbindung mit den im allgemeinen oder speziellen Beschreibungsteil beschriebenen sowie in den Ansprüchen und/oder den Zeichnungen enthaltenen Merkmalen bzw. Elementen oder Verfahrensschritten für den Fachmann im Hinblick auf die Lösung der Aufgabe entnehmbar sind und durch kombinierbare Merkmale zu einem neuen Gegenstand oder zu neuen Verfahrensschritten bzw. Verfahrensschrittfolgen führen, auch soweit sie Herstell-, Prüf- und Arbeitsverfahren betreffen.

**[0014]** In Unteransprüchen verwendete Rückbeziehungen weisen auf die weitere Ausbildung des Gegenstandes des Hauptanspruches durch die Merk-

male des jeweiligen Unteranspruches hin; sie sind nicht als ein Verzicht auf die Erzielung eines selbständigen, gegenständlichen Schutzes für die Merkmalskombinationen der rückbezogenen Unteransprüche zu verstehen. Des Weiteren ist im Hinblick auf eine Auslegung der Ansprüche bei einer näheren Konkretisierung eines Merkmals in einem nachgeordneten Anspruch davon auszugehen, dass eine derartige Beschränkung in den jeweils vorangehenden Ansprüchen nicht vorhanden ist.

**[0015]** Da die Gegenstände der Unteransprüche im Hinblick auf den Stand der Technik am Prioritätstag eigene und unabhängige Erfindungen bilden können, behält die Anmelderin sich vor, sie zum Gegenstand unabhängiger Ansprüche oder Teilungserklärungen zu machen. Sie können weiterhin auch selbständige Erfindungen enthalten, die eine von den Gegenständen der vorhergehenden Unteransprüche unabhängige Gestaltung aufweisen.

**[0016]** Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert.

**[0017]** Darin zeigt die einzige Figur ein schematisch vereinfachtes Blockschaltbild eines Überwachungssystems gemäß der Erfindung.

**[0018]** Die Figur zeigt ein schematisch vereinfachtes Blockschaltbild eines Überwachungssystems **10** gemäß der Erfindung. Das Überwachungssystem **10** umfasst in der dargestellten Ausführungsform eine erste und zweite Verarbeitungseinheit **12, 14**, wobei die zweite Verarbeitungseinheit **14** als redundante Verarbeitungseinheit zu der ersten Verarbeitungseinheit **12** vorgesehen ist. Damit ist auf der Ebene der Verarbeitungseinheiten eine Redundanz gegeben. Jede Verarbeitungseinheit **12, 14** ist kommunikativ, z. B. über einen Bus, insbesondere einen so genannten Feldbus, z. B. den PROFIBUS, mit einer oder mehreren Vorverarbeitungseinheiten **16, 18, 20** verbunden. Aus einer Vielzahl theoretisch möglicher Vorverarbeitungseinheiten **16, 18, 20** sind in der Figur nur eine erste, eine zweite und eine dritte Vorverarbeitungseinheit **16, 18, 20** dargestellt. Jede Vorverarbeitungseinheit **16, 18, 20** ist dabei in redundanter Weise sowohl an die erste Verarbeitungseinheit **12** als auch an die dazu redundante zweite Verarbeitungseinheit **14** angeschlossen. An jede Vorverarbeitungseinheit **16, 18, 20** kann ein oder mehrere Sensoren **22** angeschlossen sein. Jeder Sensor **22** ist zur Aufnahme von Signalen aus einem nicht dargestellten externen technischen Prozess, bei Verwendung des Überwachungssystems zur Schwingungsüberwachung z. B. zur Aufnahme von Schwingungsdaten eines technischen Prozesses, wie z. B. einer Gasturbine, vorgesehen. In der Darstellung in der Figur ist exemplarisch nur ein Sensor **22** dargestellt. Dieser ist redundant an die erste Vorverarbeitungseinheit **16** und die zweite Vorverarbeitungseinheit **18** angeschlossen.

Die zweite Vorverarbeitungseinheit **18** übernimmt damit in Bezug auf eine Verarbeitung von vom Sensor **22** empfangenen Sensordaten eine Funktion als in Bezug auf die erste Vorverarbeitungseinheit **16** redundante Vorverarbeitungseinheit. Ein nicht dargestellter weiterer Sensor kann in entsprechender Art und Weise z. B. redundant an die erste Vorverarbeitungseinheit **16** und die dritte Vorverarbeitungseinheit **20** angeschlossen sein, wobei dann die dritte Vorverarbeitungseinheit **20** die Funktion als redundante Vorverarbeitungseinheit zur ersten Vorverarbeitungseinheit **16** übernimmt.

**[0019]** Insgesamt ergibt sich mit der Erfindung ein Überwachungssystem, das eine oder mehrere Vorverarbeitungseinheiten und eine oder mehrere Verarbeitungseinheiten (Zentraleinheiten) umfasst. Ohne den Einsatz spezieller Hardware ist dabei die Verfügbarkeit des Systems über einen weiten Bereich variierbar. Das Überwachungssystem ist im Vollausbau, d. h. bei ausreichender Redundanz auf jeder Ebene, also auf der Ebene der Sensoren **22**, der Ebene der Vorverarbeitungseinheiten **16** bis **20** und der Ebene der Verarbeitungseinheiten **12, 14**, ein-Fehler-tolerant, in dem Sinne, dass ein Einfachfehler im Überwachungssystem keinerlei Informationsverlust nach sich zieht. Dies gilt sogar dann noch, wenn ein Einfachfehler in einer Vorverarbeitungseinheit **16** bis **20** und einer Verarbeitungseinheit **12, 14** auftritt. Das Verfahren zum Betrieb des Überwachungssystems kann durch ein geeignetes voting ergänzt werden, derart, dass auf den Ausfall von Informationen in einer Art und Weise reagiert wird, die die Gesamtfunktion des Systems sicherstellt. So kann auf den Ausfall eines Sensors **22**, der nicht redundant aufgebaut ist, so reagiert werden, dass eine dem voting zugrunde liegende Votinglogik von 2v2 (zwei von zwei) auf 1v1 (eins von eins) automatisch umgeschaltet wird. Man spricht insoweit von einer verfahrenstechnischen Redundanz.

**[0020]** Insgesamt lässt sich die vorliegende Erfindung damit kurz wie folgt darstellen: Es wird ein Überwachungssystem, insbesondere eine Einrichtung zur Schwingungsüberwachung von Turbinen, mit feinstufig einstellbarer Verfügbarkeit von auf der einen Seite „rein einkanalig“ bis auf der anderen Seite „ein-Fehler-tolerant“ und „beschränkt zwei-Fehler-tolerant“ ohne die Notwendigkeit weiterer spezieller Hardwarekomponenten angegeben.

### Patentansprüche

1. Überwachungssystem, insbesondere Schwingungsüberwachungssystem, mit einer Mehrzahl von Sensoren (**22**), darunter mindestens einer in redundanter Ausführung, mindestens einer Vorverarbeitungseinheit (**16**) und mindestens einer Verarbeitungseinheit (**12**), wobei jeder Sensor (**22**) redundant an mindestens

eine Vorverarbeitungseinheit (16) anschließbar ist und wobei jede Vorverarbeitungseinheit (16) redundant an mindestens eine Verarbeitungseinheit (12) anschließbar ist.

2. Überwachungssystem nach Anspruch 1, wobei jeder Sensor (22) Kontakte zum redundanten Anschluss an zwei Vorverarbeitungseinheiten (16, 18, 20) aufweist.

3. Überwachungssystem nach Anspruch 2, mit zusätzlich mindestens einer redundanten Vorverarbeitungseinheit (16, 18, 20), wobei mindestens ein Sensor (22) gleichzeitig an eine Vorverarbeitungseinheit (16 bis 20) und eine redundante Vorverarbeitungseinheit (16 bis 20) angeschlossen ist.

4. Überwachungssystem nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei jede Vorverarbeitungseinheit (16 bis 20) Schnittstellen zum redundanten Anschluss an zwei Verarbeitungseinheiten (12, 14) aufweist.

5. Überwachungssystem nach Anspruch 4, mit zusätzlich mindestens einer redundanten Verarbeitungseinheit (12, 14), wobei mindestens eine Vorverarbeitungseinheit (16 bis 20) gleichzeitig an eine Verarbeitungseinheit (12, 14) und eine redundante Verarbeitungseinheit (12, 14) angeschlossen ist.

6. Verfahren zum Betrieb eines Überwachungssystems nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, wobei Sensordaten von dem oder jedem Sensor (22) an die oder jede jeweils angeschlossene Vorverarbeitungseinheit (16 bis 20) übermittelt werden und wobei Terminaldaten von der oder jeder Vorverarbeitungseinheit (16 bis 20) an die oder jede jeweils angeschlossene Verarbeitungseinheit (12, 14) übermittelt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei jede Vorverarbeitungseinheit (16 bis 20) beim Empfang von redundanten Sensordaten ein voting durchführt.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, wobei jede Verarbeitungseinheit (12, 14) beim Empfang von redundanten Terminaldaten ein voting durchführt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei bei einem Überwachungssystem mit einer Verarbeitungseinheit (12, 14) und einer redundanten Verarbeitungseinheit (12, 14) in Ansehung der Sensordaten eine Aktion durch die Verarbeitungseinheit (12, 14) oder die redundante Verarbeitungseinheit (12, 14) nur erfolgt, wenn Verarbeitungseinheit (12, 14) und redundante Verarbeitungseinheit (12, 14) gleiche Terminaldaten oder nach einem voting in Ansehung der Terminaldaten insoweit gleiche Daten vorliegen haben.

10. Verwendung des Überwachungssystems nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche 1 bis 5 oder des Überwachungsverfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 9 zur Schwingungsüberwachung.

11. Verwendung gemäß Anspruch 10, wobei zumindest einzelne Sensoren (22) als Schwingungssensoren, insbesondere piezoelektrische Schwingungssensoren, ausgeführt sind.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

