

DEUTAG
Deutsche Tiefbohr AG

Postfach 75
4444 Bad Bentheim

Entwicklung eines Konzeptes zum Umbau und zur
Optimierung einer bestehenden Bohranlage
entsprechend den besonderen Anforderungen
des kontinentalen Tiefbohrprogramms

Preussag AG
Siemens AG
Wintershall AG

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Konzeptstrategie.....	392
2. Die Bohranlage im Überblick.....	394
2.1 Bohrturm und Unterbau.....	394
2.2 Das Spülungssystem.....	396
2.3 Die Energieversorgung.....	397
3. Die technischen Besonderheiten der Bohr- anlage.....	399
3.1 Das Hebewerk.....	399
3.2 Zuglängen und Roundtripzeiten.....	400
3.3 Das vollautomatische Pipehandlingsystem.....	401
3.4 Das Bohrgestängeaufnahme- und Ablegesystem.....	406
3.5 Drilling Instrumentierung (DIS) und Automatisierung.....	410
4. Umweltschutz und Sicherheit.....	415

**"ENTWICKLUNG EINES KONZEPTEES ZUM Umbau UND ZUR OPTIMIERUNG
EINER BESTEHENDEN BOHRANLAGE ENTSPRECHEND DEN BESONDEREN
ANFORDERUNGEN DES KONTINENTALEN TIEFBOHRPROGRAMMS (KTB)"**

Die Ergebnisse des Forschungsberichtes AZK/3-RG 86040, erarbeitet von der Arbeitsgemeinschaft Deutag-Bad Bentheim (Federführer), Preußag-Berkhöpen, Siemens-Erlangen und Wintershall-Kassel werden nachstehend in einer Kurzfassung wiedergegeben:

1. KONZEPTSTRATEGIE

Die derzeit schwerste Tiefbohranlage in Europa, die DEUTAG-Anlage T-47 (Continental Emsco C-3 Hebewerk) verfügt über eine maximale Zugkraft am Haken von 8900 KN. Der Bohrturm hat eine Abstellkapazität für 9000 m Bohrgestänge, die für das Abteufen von übertiefen Bohrungen zur Kohlenwasserstoff-findung ausgelegt ist. Die KTB-Projektleitung hat als Eckdaten zum Abteufen einer 14000-m-Bohrung eine Hakenausnahmelast von 8000 KN und eine Abstellkapazität von mindestens 14000 m Bohrgestänge gefordert.

Dem Konzept zum Umbau und zur Optimierung der Bohranlage T-47 für dieses Projekt, liegen die folgenden Überlegungen zugrunde:

1. Aus Gründen einer Kostenreduzierung und einer erhöhten Zuverlässigkeit sollen dort wo es sinnvoll ist, im lang-jährigen Einsatz bewährte und austauschbare Elemente der Tiefbohrtechnik eingesetzt werden.
2. Die Prämisse ist ein technisch abgesichertes und wirtschaftlich günstiges Erreichen der vorgesehenen Endteufe.
3. Neuentwicklungen werden in den Bereichen angestrebt, die eine wesentliche Reduzierung von Projektzeit und -kosten sowie eine Erhöhung der wissenschaftlichen Ausbeute gewährleisten.
4. Besonderes Augenmerk wird auf die Bereiche Arbeitssicherheit, optimale Arbeitsplatzgestaltung, Umweltschutz und Langzeiteinsatz der Bohreinrichtungen gelegt.

5. Aus der Verwendung vorhandener und in der Tiefbohrindustrie bewährter Ausrüstungen resultiert eine rasche Verfügbarkeit der Anlage sowie eine Reduzierung der Investitionskosten.

Die als Ergebnis der Studie vorgestellte Bohranlage unterscheidet sich von herkömmlichen durch eine weitgehende Automatisierung, die über alles bisher vorhandene hinausgeht, durch eine optimale Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Leistungen, die die Stillstands-Zeiten, in denen nicht gebohrt werden kann auf ein Mindestmaß reduzieren, durch eine Sensorik, die eine optimale Erfassung und datentechnische Verarbeitung der Bohr- und Spülungsdaten gewährleistet sowie durch eine kostengünstige und wirtschaftliche Energiehaushaltung.

Die einzelnen Baugruppen der Bohranlage sind so gestaltet, daß in ihnen bewährte Konstruktionsprinzipien mit zweckmäßigen, den besonderen Anforderungen des Projektes dienenden Neuerungen kombiniert sind.

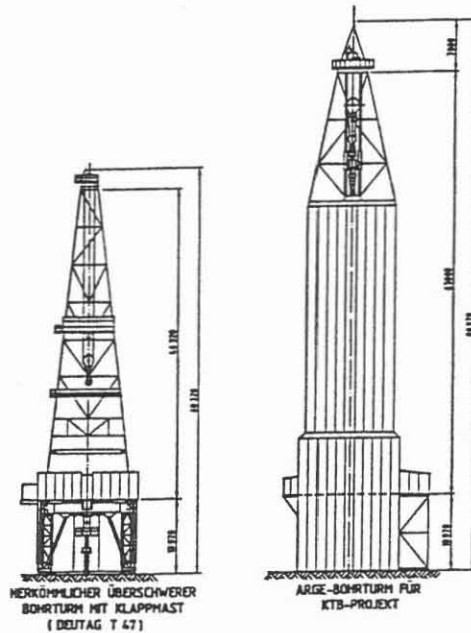


Abb. 1 zeigt die konzipierte KTB-Anlage im Vergleich zu der Bohranlage DEUTAG T-47

2. DIE BOHRANLAGE IM ÜBERBLICK

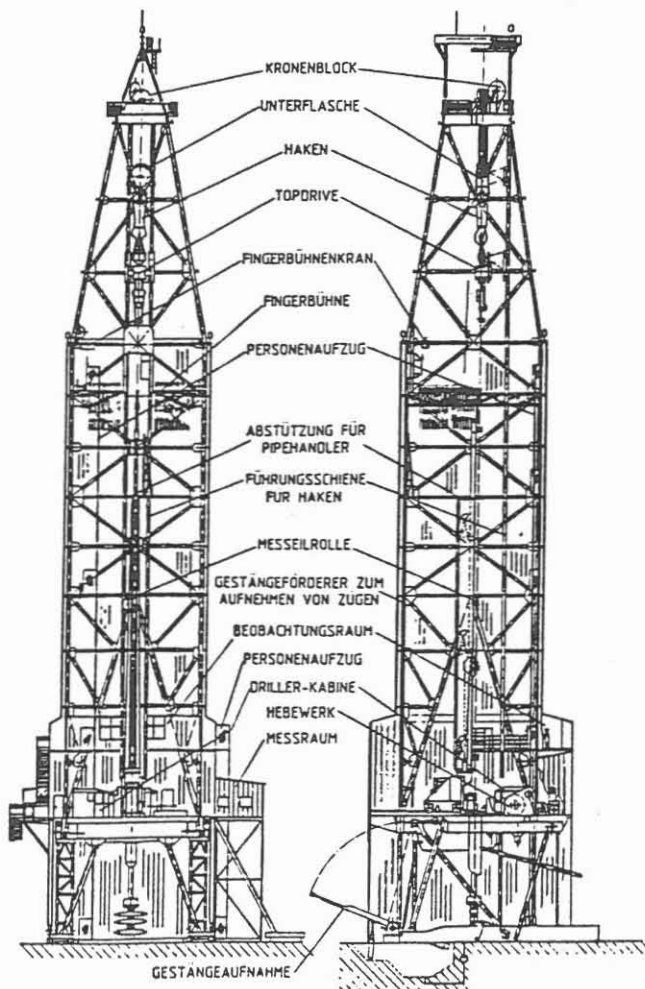
2.1 Bohrturm und Unterbau

Bei der Konstruktion des Klappmastes der Bohranlage T-47 lagen die folgenden Überlegungen zugrunde:

- Aufnehmen großer Hakenlasten
- große Mobilität bezüglich Montierbarkeit und Transportfähigkeit des Mastes

Der für die kontinentale Tiefbohrung konzipierte Bohrturm muß insbesondere den folgenden Anforderungen genügen:

- Aufnehmen großer Hakenlasten
- Unterbringung extra langer Gestängezüge in großer Anzahl
- Stationärer Einsatz über einen langen Zeitraum hinweg
- Einbau eines vollautomatischen Pipehandling Systems und Unterbringung eines Kraftdrehkopfes



Diese Anforderungen führten zur Konzeption eines Bohrturmes, der in Abbildung 2 in zwei Seitenansichten dargestellt ist.

Abb. 2: Bohrturm-Übersicht

Der neu konzipierte Bohrturm mit dem Eckstielmaß 12,192 m x 12,192 m ist auf den vorhandenen 10,970 m hohen Unterbau der Bohranlage T-47 montiert. Unterflasche, Haken und Kraftdrehkopf sind über ein Rückhaltesystem (Retraktor) an Führungsschienen geführt. Zu beiden Seiten der Bohrlochmittellinie ist genügend Fläche zum Abstellen von zwei kompletten Bohrsträngen von 14.000 m Länge vorgesehen. Während des Bohrens kann der zweite Bohrstrang für den Einsatz vorbereitet, (überprüft) und in den Bohrturm gestellt werden.

Das Kernstück der Bohrturmeinrichtung ist ein vollautomatisches Pipehandling System, bestehend aus Pipehandler, Verschraubeinrichtung und verfahrbaren Setback- und Fingerbühnenwagen. Der Pipehandler ist verfahrbar auf der Arbeitsbühne angeordnet (Abbildung 3), führt die Routinearbeiten, wie beispielsweise das Ausbauen bzw. das Einbauen des Gestänges jedoch stationär aus.

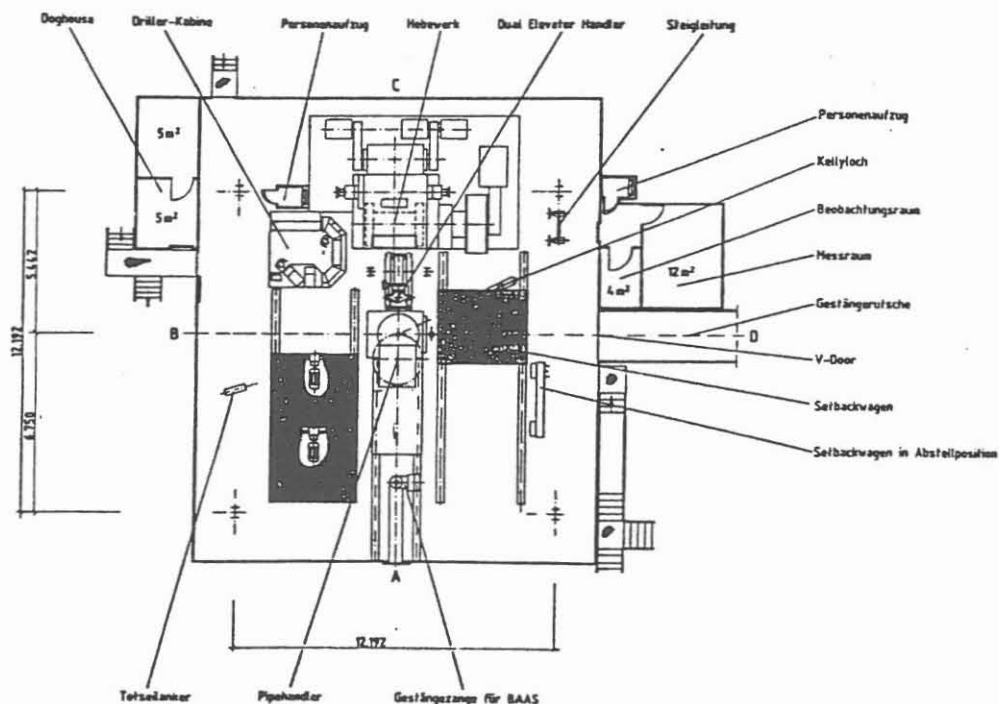


Abb. 3: Bohrturm - Arbeitsbühne

Auf der Seite hinter dem Pipehandler befindet sich eine Vorrichtung mit deren Hilfe das Bohrgestänge, aber auch die Kernrohre, in den Turm genommen bzw. aus diesem herausgelegt werden können.

Dieses Gestängeaufnahmesystem besteht aus einem schwenkbaren Mauselloch, einer Einschubvorrichtung, einem Hubmechanismus mit Greifarm (Zahnstangenförderer) und einer Verschraubeneinrichtung.

Weiterhin sind über der Fingerbühne ein Portalkran und an der Turmseite ein Personenaufzug angebracht. Auf der Arbeitsbühne sind das Hebewerk und der Leitstand für den Schichtführer und den Pipehandler-Operator installiert. Auf zwei gegenüberliegenden Seiten befinden sich ein Raum für die Bohrtechnik und ein Raum für die Wissenschaften. In erhöhter Position über dem Hebewerk ist ein weiterer Raum für die Wissenschaften und für Besucher vorgesehen. Arbeitsbühne und Beobachtungsraum können über Personenaufzüge und Treppen erreicht werden.

Bei der Konzipierung dieser Anlage wurde Wert darauf gelegt, daß trotz eines hohen Automatisierungsaufwandes der Bohrtätigkeit ein konventioneller, d. h. manueller Ablauf der Arbeiten möglich ist. Dieses ist aufgrund der besonderen Anordnung der Gestängeabstellflächen (verfahrbar) und trotz der wesentlich größeren Massen der zu bewegenden Gestängezüge möglich, wie im Abschnitt Pipehandling noch eingehender erläutert werden wird.

Die Anordnung der automatischen Gestängehandhabung, der Gestängeaufnahmevorrichtung und der Rutsche zum Aufnehmen und Ablegen von Futterrohren, Schwerstangen, Meßgeräten usw. beeinflussen die Gestaltung des Bohrplatzes im Bereich der Gestänge- und Futterrohrlager. Diese sind in einem rechten Winkel zueinander angeordnet. Für die Futterrohre ist auf dem Bohrplatz ein großes Lager vorgesehen - der längste Futterrohrstrang wird wahrscheinlich der 9 5/8" Casing-Strang mit ca. 10.000 m Länge sein - da dieses Lager jedoch nur während einer sehr kurzen Zeit der Gesamtbohrzeit benötigt wird, soll es erweiterungsfähig und demontierbar sein.

2.2 Das Spülungssystem

Die Auslegung des Spülungssystems wird durch mehrere Faktoren maßgeblich beeinflusst:

- Da die Bohrung ausschließlich wissenschaftlichen Zwecken dient, kommt dem Informationsträger Spülung eine besondere Bedeutung zu.

Am Spülsausrlauf befindet sich eine Meßstrecke, in der alle für die Wissenschaften relevanten Daten erfaßt werden können. Ein wesentlicher Aspekt ist, daß die Spülung und die in ihr enthaltenen Informationen aus den durchbohrten Formationen (z. B. Gasanteile) frühzeitig gemessen und analysiert wird, bevor Meßwertveränderungen eintreten. Die interessierenden Werte der in das Bohrloch gepumpten Spülung werden am Saugtank bzw. in der Druckleitung erfaßt.

- Die Feststoffkontrolle und die nachfolgende Spülsaufbereitung ist darauf ausgelegt, ein 100 %iges Erfassen des Bohrkleins zu gewährleisten.
- Die Pumpen und das Druckleitungssystem werden den jeweils gegebenen Bedingungen angepaßt bzw. mit fortschreitendem Bohrfortschritt modifiziert. Die Hochdruckpumpen sind zunächst auf 350 bar max. Arbeitsdruck ausgelegt und werden nach Erreichen einer Bohrlochteufe von ca. 8.000 m durch Austauschen der Wasserteile auf 500 bar umgerüstet. Damit werden auch die Pumpraten bei kleiner werdendem Bohrdurchmesser und beim Kernen angeglichen. Die bereits vorhandenen Spülpumpen vom Typ National 12-P-160 können die genannten Anforderungen erfüllen.
- Zum Lagern der Reservespülung steht eine ausreichende Zahl an Hochtanks zur Verfügung, die nach Bedarf erweitert werden kann.
- Beim Erreichen größerer Teufen wird Erdwärme in großer Menge in der Spülung anfallen. Bereits ab einer Bohrteufe von ca. 4.000 m reicht sie aus, um an der Betriebsstelle genutzt zu werden. Es ist vorgesehen, Raumheizungen und die Temperierung der Reserve- und Meßspülung aus der Spülungswärme zu betreiben.

Der Einsatz eines Spülungskühlers am Auslauf ist nur dann vorgesehen, wenn es notwendig wird. Modellberechnungen haben gezeigt, daß bei Erreichen der Endteufe die Temperatur am Spülsausrlauf unter 100° C liegen wird.

2.2 Die Energieversorgung

Der langjährige Einsatz der Bohranlage auf der Lokation verlangt die Vorteile einer Energieversorgung aus dem Netz zu nutzen.

- Die Umwelt wird nicht durch Abgase und Lärm belastet.
- Durch günstige Energiepreise können Kosten gespart werden.
- Der Wartungsaufwand wird reduziert und es ergibt sich die Möglichkeit der Energierückspeisung.

Die maximal auftretende Dauerleistung für die gesamte Lokation wird auf 6-8 MVA veranschlagt, wobei 5-6 MVA auf die Bohranlage entfallen. Der Blindlastanteil muß sehr hoch angesetzt werden. Durch die Blindleistungskompensationsanlage kann ein Gesamt-cos-phi von ca 0,55 auf etwa 0,9 gebracht werden, wodurch sich der Leistungsbedarf von etwa 7.000 KVA auf 4.500 KVA reduzieren wird.

Damit Verzerrungen der Netzspannungen durch Stromrichter gespeiste Antriebe unterdrückt werden, wird eine Oberschwingungskompensation installiert. Für den Fall eines Stromausfalles muß gewährleistet sein, daß das Bohrwerkzeug bei verminderter Zirkulationsrate von Sohle gezogen werden kann und daß andere wichtige Verbraucher in Betrieb bleiben. Dafür ist eine Notstromversorgung vorgesehen, die insgesamt 2.400 kW erzeugen kann.

Für die Sicherung von Daten und Automatisierungseinrichtungen während einer Stromunterbrechung ist eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) vorgesehen.

Das Konzept der elektrischen Ausrüstungen ermöglicht Energierückgewinnung aus mechanischer Absenkenenergie durch Umwandlung in elektrische Energie beim Hebewerksbetrieb. Die Hebewerksmotoren gehen dabei in generatorischen Betrieb über und wirken als elektrische Bremse.

Die Möglichkeiten und die Bedingungen der Energierückspeisung in das Netz sind mit dem zuständigen EVU zu klären. Die Energieverteilung erfolgt von einer 20 kV Schaltanlage, die die folgenden Komponenten enthält:

Zwei Einspeisetransformatoren (20 kV / 660 V),
Hauptschaltanlage, 660 V - 50 Hz zur Versorgung
der Stromrichtanlage und aller Drehstrommotore,
Blindleistungs- und Oberschwingungskompensation,
Schaltanlage für Stromrichteranlagen,
Notstromgeneratoren,
Verteilungsanlage für Drehstrommotoren
380/220 V - Ebene für Lichtkreise und Kleinver-
braucher.

3. DIE TECHNISCHEN BESONDERHEITEN DER BOHRANLAGE

3.1 Das Hebewerk

Das wichtigste Element einer Bohranlage ist das Hebewerk. Die ARGE schlägt vor, das vielfach bewährte, leistungsstarke Hebewerk Continental-Emsco C-3, Typ III mit einer Eingangsleistung von 2.220 kW (3.000 PS) einzusetzen. Dieses Hebewerk ist seit 1969 auf dem Markt und bislang in einer Stückzahl von über 134 gebaut worden.

Die ARGE hat sich aus folgenden Gründen für die Verwendung dieses Hebewerks entschieden:

- Die zur Verfügung stehenden Leistungen lassen schnelle Fahrgeschwindigkeiten und ausreichende Leistungsreserven zu.
- Es ist ein ausgereiftes, erprobtes und bewährtes Serienhebewerk.
- Geringe Investitionskosten
- Ersatzteile sind rasch und kostengünstig verfügbar.
- Sechs Schaltstufen gewährleisten eine optimale Anpassung der verfügbaren Leistung an die Leistungshyperbel der Antriebsmotore.
- Die Spulbedingungen an der Trommel sind sehr gut auf das Flaschenzugsystem abgestimmt.
- In der ARGE sind bereits drei Hebewerke dieses Typs vorhanden.
- Eine einfache und gute Anpassung des Hebewerktyps an die Erfordernisse des KTB-Projektes ist möglich.

Das auf der Tiefbohranlage einzusetzende Hebewerk wird dem hohen Grad der Automatisierung entsprechend und unter Berücksichtigung der 40 m langen Gestängezüge modifiziert.

1. Die Trommelbremsen, die an den Wangen der Fahrseiltrommel angebracht sind, werden durch außerhalb der Trommel-lagerung angebrachte Scheibenbremsen ersetzt. Scheibenbremsen sind gut für eine Automatisierung geeignet.
2. Ohne eine Veränderung des Grundrahmens kann durch den Wegfall der Bandbremse die Fahrseiltrommel auf 1981 mm verbreitert werden (von derzeit 1575 mm).
3. Durch diese Maßnahme wird erreicht, daß das Fassungsvermögen der Fahrseiltrommel den 40 Meter langen Gestänge-zügen angepaßt wird. Das 1 5/8" Fahrseil spult bis max. in die 4. Seillage.
4. Das Hebewerk bzw. das Flaschenzugsystem wird durch Meß-wertaufnehmer und elektronische Steuerungen so weit auto-matisiert, daß dem bedienenden Mann ein Teil der Routine-arbeiten abgenommen werden können. Dazu zählen eine Kontrolle der Fahrgeschwindigkeiten, das Beschleunigen und Abbremsen sowie die Notstopeinrichtung beim Einfah-ren des Bohrstranges im Bohrloch.
5. Der Kontrollstand des Hebewerkes ist nach modernen Ge-sichtspunkten für eine einfache Bedienung der Schaltvor-gänge und eine übersichtliche Kontrolle der Arbeitsvor-gänge gestaltet, z. B. durch Unterstützung mit dem Drill-ing Instrumentation System.
6. Das Antriebsystem des Hebewerkes wird mit einer Leistungsregelung ausgestattet, die es erlaubt, stets die Kraftreserven in den einzelnen Gängen auszunutzen.

3.2 Zuglängen und Roundtripzeiten

Die heutige Bohrtechnik erfordert es, daß ein Bohrwerkzeug am untersten Ende des Bohrstranges ausgetauscht werden muß, wenn es vom Bohrprozess abgenutzt ist. Zu diesem Zweck muß der gesamte Bohrstrang ausgebaut und schließlich wieder ein-gebaut werden. Die dafür notwendige Zeit wird mit zunehmen-der Bohrteufe größer und stellt eine echte Totzeit für den Bohrprozess dar.

Einer Reduzierung dieser Tripzeit auf ein vernünftiges Minimum kommt bei der Auslegung der Bohranlage eine vorrangige Bedeutung zu. Das Bohranlagenkonzept erreicht dies durch die folgenden Maßnahmen:

- a) Die Zuglängen werden von derzeit üblichen 27,5 m auf 40 m verlängert (Verwendung von API Range 3 Stangen, maximal 13,3 m lang).
- b) Zuglängen von 40 m reduzieren die Anzahl der zu verschraubenden Verbindungen für 14.000 m Gestänge, Ein- und Ausbau, von 509 auf 350.
- c) Die Zahl der möglichen fehlerhaften Verbindungen durch übermäßiges Verschrauben, wird in gleichem Maße reduziert.
- d) Ein voll automatisches und auf die Hakenbewegung wohl abgestimmtes Pipehandlingsystem läßt bei optimalen Bohrlochbedingungen Roundtripzeiten von 19,6 Stunden aus einer Teufe von 14.000 m zu. Anders ausgedrückt, reduziert sich die für solche Angaben übliche Vergleichsgröße derzeitiger Anlagen von 0,7 Stunden Roundtripzeit für 300 m auf etwa 0,42 Stunden. Eine wesentliche Begrenzung dieses Wertes ist aufgrund der Bohrlochbedingungen gegeben.

Durch diese Maßnahmen lassen sich nennenswerte Zeiteinsparungen bei Roundtrips erreichen.

3.3 DAS VOLLAUTOMATISCHE PIPEHANDLINGSYSTEM

Der Anteil der Roundtripzeit an der Gesamtbohrzeit erhöht sich mit zunehmender Bohrteufe infolge härteren Gesteins, höheren Temperaturen und kleinerer Bohrlochdurchmesser durch eine abnehmende Meißelstandzeit und längeren Roundtripzeiten pro Meißelwechsel. Erhebliche Kosteneinsparungen sind durch ein Verkürzen der einzelnen Roundtripzeiten möglich. Es wurde daher ebensoviel Sorgfalt auf die Optimierung des vorhandenen Hebewerkes Continental-Emsco C-3 im Hinblick auf Scheibenbremsen, Ausnutzung der größtmöglichen Fahrseiltrommellänge ohne Änderung der Basisabmessungen und Automatisierung des Fahrbetriebes verwendet wie auf eine Reduzierung der üblichen Vergleichsgröße "Roundtripzeit pro 300 m" durch eine Beschleunigung und Vereinfachung des Pipehandlings. Letzteres ist optimal, wenn die Totzeiten des Hakens minimiert werden, d.h. wenn die Zeit, die der Haken auf das Abnehmen bzw. Hinzufügen eines Bohrgestängezuges am Bohrstrang warten muß, möglichst ausgeschaltet wird.

Das Pipehandling im Turm ist so ausgelegt, daß langwierige Bewegungsabläufe eingespart werden (Setbackverschiebung). Damit werden die Geschwindigkeiten des Flaschenzugsystems bzw. des Bohrstrangs zum zeitbestimmenden Faktor und die Beanspruchung des Materials wird reduziert. Diese Setbackverschiebung in Verbindung mit dem Pipehandler ist zum Patent angemeldet worden.

Während der Haken, durch einen Retractor aus der Bohrlochmitte ausgelenkt, in die Ausgangsposition eines Arbeitszyklus zurückkehrt, löst der Pipehandler den Gestängezug und schwenkt ihn aus dem Arbeitsbereich des Klobens bzw. verschraubt ihn auf den Bohrstrang. Damit der Pipehandler selbst bei maximaler Hakengeschwindigkeit immer noch rechtzeitig wieder in der Ausgangsposition sein kann, wird ihm die zeitaufwendige Verfahrbewegung in das Setback zum Transport des Gestängezugs zwischen Bohrloch und Abstellfläche abgenommen, indem das Setback in Form von Abstellwagen und Fingerbühnenwagen so weit in Richtung Bohrlochachse vorgefahren wird, bis die zu befüllende bzw. zu entleerende Gestängereihe in Höhe der Drehachse des ortsfest installierten Pipehandlers zu stehen kommt. Der stationäre Pipehandler führt lediglich noch Schwenk- und Auslegebewegungen aus. Dieses Verfahren reduziert die Roundtripzeit wesentlich. Hebewerk und Piphandling sind damit optimal aufeinander abgestimmt.

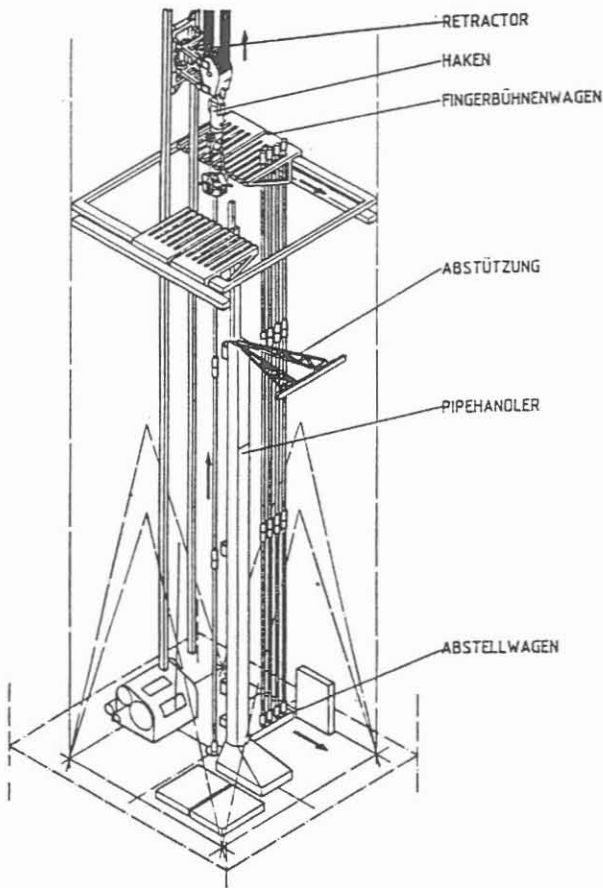
Die Gesamtzeit für den Ein- bzw. Ausbauzyklus eines 40 m-Zuges reduziert sich durch das von der ARGE entwickelte Pipehandlingsystem wesentlich. Wegen der voraussichtlich notwendigen kurzen Inspektionsintervalle des Gestänges (30-35 Tage ?) ist die Gesamtabstellkapazität im Turm auf 2 komplette 14.000 m Bohrstränge ausgelegt.

Das Pipehandlingsystem umfaßt:

- das vollautomatische Abfangen des normalen Bohrgestänges mit Keilen bzw. des hochvergüteten Gestänges mit Doppelselevator.
- das Haken-Retractor-System
- den automatischen Elevatorwechsel bzw. die exakte Positionierung der Tool-Joints zum Brechen, Kontern, Spinnen
- die vollautomatische Steuerung des Iron-Roughneck und der Spinning-Tools

- die selbständige Verriegelung der Gestängezüge in der Fingerbühne
- das vollautomatische Verfahren der Setback- sowie der Fingerbühnen-Pakete

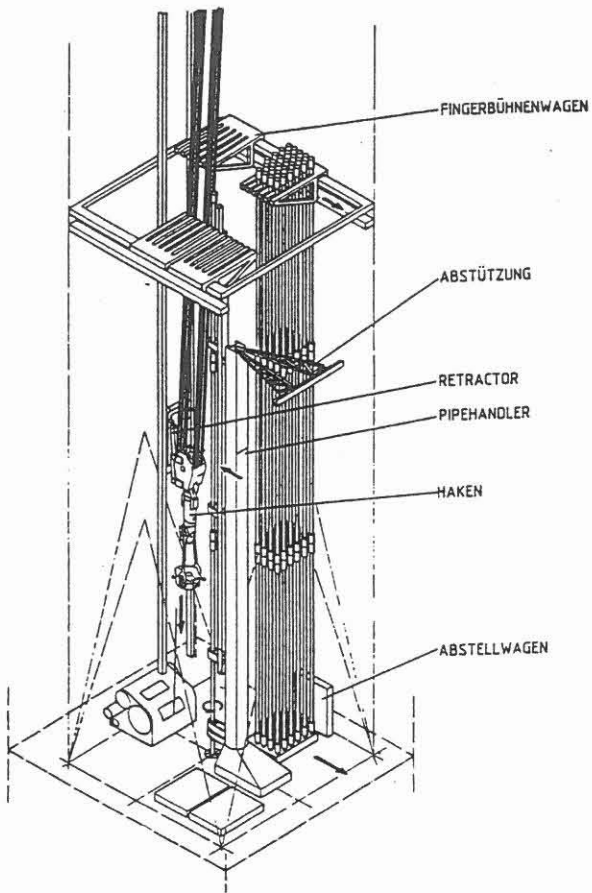
Das Zusammenwirken von Haken/Retractor, Pipehandler und Setbackverschiebung ist in den folgenden drei Bildern für den Gestängeausbau dargestellt.



Das Flaschenzugsystem zieht einen Gestängezug aus dem Bohrloch, während der Pipehandler vom letzten Arbeitsschritt zurück in Bereitstellungsposition schwenkt. Das Setback - bestehend aus Abstell- und Fingerbühnenwagen - ist soweit in Richtung Bohrlochmitte verfahren, daß sich die zu befüllende Abstellreihe, in der bereits vier Gestängezüge stehen, in Höhe der Drehachse des Pipehandlers befindet.

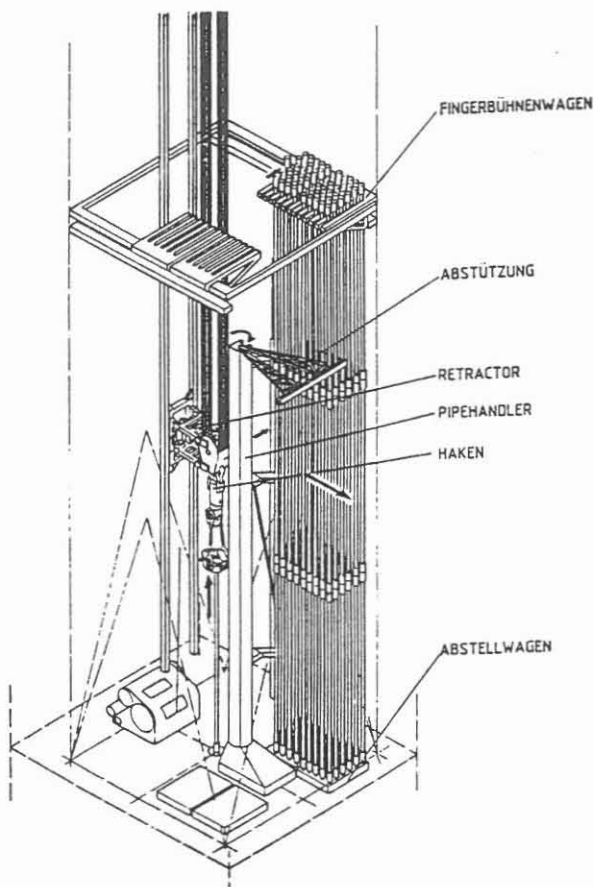
Wenn der Haken die höchste Position erreicht und der Driller sich entschieden hat, diesen Gestängezug abzuschrauben, dann wird durch einen Knopfdruck der folgende vollautomatische Arbeitsablauf in Gang gesetzt:

Abb. 4: Ziehen eines Zuges



Die automatischen Gestängekeile werden aktiviert und bei Lastaufnahme am Drehtisch wird ein Signal an den Pipehandler zum Greifen des Zuges gegeben. Ist dies geschehen, dann öffnet der Elevator, der Retractor wird aktiviert und der Kloben gleitet abwärts, während der Pipehandler mit dem Brech- und Entschraubvorgang beginnt. In der Zeit, die der Kloben zum Absenken um 40 m benötigt, entschraubt der Pipehandler den Gestängezug vollständig, hebt diesen aus der Muffe und schwenkt ihn durch eine einfache Drehbewegung aus dem Arbeitsbereich des Klobens. Dieser kann, am unteren Arbeitspunkt angekommen, durch den Retractor in Bohrlochmitte geschwenkt, mit dem Elevator den nächsten Zug aufnehmen.

Abb. 5: Entschrauben eines Zuges



Während das Flaschenzugsystem im nächsten Arbeitsgang den folgenden Gestängezug aus dem Bohrloch zieht, legt der Pipehandler, nachdem er die Drehbewegung vom Bohrloch weg um 90° ausgeführt hat, ohne daß er sich von der Stelle bewegt, mit dem Greifarm in die in Höhe seiner Drehachse befindliche Abstellreihe des Setback aus und stellt den Zug vor den letzten, dort abgestellten Zug. Die Setback- und Fingerbühnenwagen können 16 Gestängezüge in einer Fingerreihe aufnehmen. Sie müssen lediglich nach Ausbau von 16 Zügen um eine Fingerteilung (240 mm) verschoben werden.

Abb. 6: Abstellen eines Zuges

Die entscheidenden Faktoren dieses Pipehandlingsystems sind:

- Die nötigen Bewegungsabläufe zum Handhaben eines Gestängezuges werden auf ein Minimum reduziert. (Der Pipehandler führt keine Längsbewegungen in den Setbackbereich mehr aus. Eine wesentliche Zeiteinsparung ist die Folge).
- Der Aufbau des Pipehandlers dreht sich lediglich um $\pm 90^\circ$ zum Setback hin. Diese einfache Bewegung kann durch die stationäre und stabilisierte Anordnung des Pipehandlers (obere und untere Abstützung) mit größerer Geschwindigkeit ausgeführt werden.

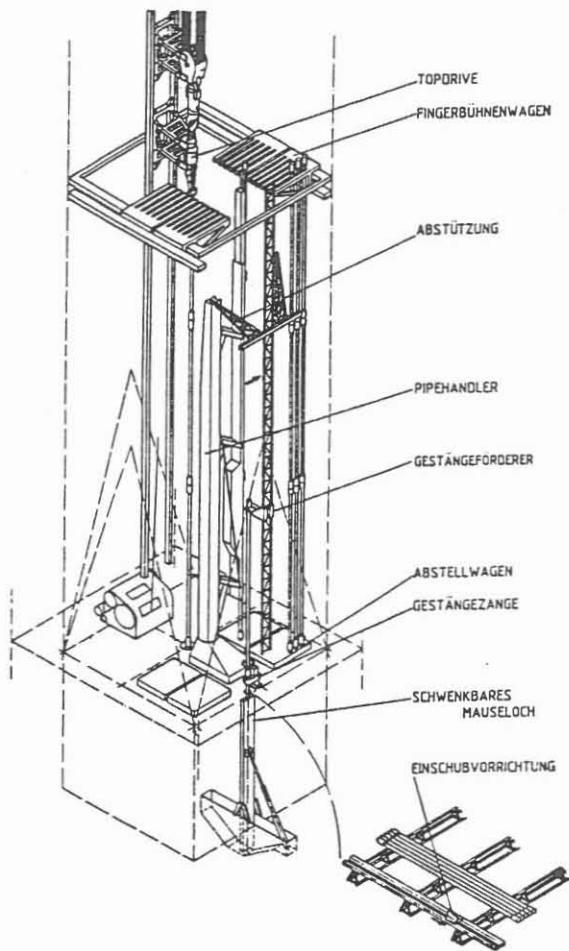
- Der vereinfachte Bewegungsablauf wirkt sich günstig auf die Automatisierung und Steuerung des Pipehandling aus, welche durch die Simatic S5-150 erfolgt, ein bereits in der Industrie vielfach bewährter Prozessor.
- Wegen der kurzen Wege zwischen Abstellposition und Bohrloch ist der Pipehandler nach Ausführung eines Arbeitszyklus frühzeitig wieder in Ausgangsposition.
- Die Minimierung der sich bewegenden Teile wirkt sich materialschonend auf das System aus. Ein reibungsloser Dauereinsatz wird begünstigt.
- Dadurch, daß der Absetzpunkt der Bohrgestängezüge im Setback in unmittelbarer Nähe der Bohrlochachse verschoben wird, können diese überhaupt erst bei Ausfall der Automatik manuell von einem Bühnenmann bewegt werden. Die infolge Schräglage der Gestängezüge vom Bühnenmann aufzubringenden Kräfte könnten andernfalls von diesem nicht mehr bewältigt werden. Eine manuelle Handhabung der Gestänge ist damit erst ermöglicht.

3.4 Das Bohrgestängeaufnahme- und Ablegesystem

Das Aufnehmen und Ablegen von einzelnen Bohrstangen wird auf Bohranlagen allgemein mit Hilfe von Winden, Mauseloch, Rutsche und dem Flaschenzugsystem durchgeführt. Das Auswechseln eines Bohrstranges ist damit eine zeitaufwendige Arbeit, die den Bohrbetrieb unterbricht bzw. die Roundtripzeit wesentlich verlängert.

Das Konzept der ARGE sieht vor, daß zwei komplette Bohrstränge im Turm untergebracht werden können, von denen einer zur Inspektion oder zum Auswechseln abgelegt werden kann. Bei einem Roundtrip kann damit ohne Unterbrechung ein Strang abgestellt und ein neuer eingebaut werden. Das Aufnehmen und Ablegen von Gestänge wird unabhängig von den Arbeiten des Flaschenzugsystems erfolgen, kann notfalls auch während eines Roundtrips durchgeführt werden. Es ist vorgesehen, auch Kerne bzw. Kernrohre in voller Länge (bis max. 27 m) mit der konzipierten Vorrichtung abzulegen.

Das Bohrgestängeaufnahme- und Ablegesystem (BAAS) ist in den folgenden drei Bildern erläutert. Die Funktionsweise ist am Beispiel "Aufnehmen eines Gestängezuges" dargestellt.



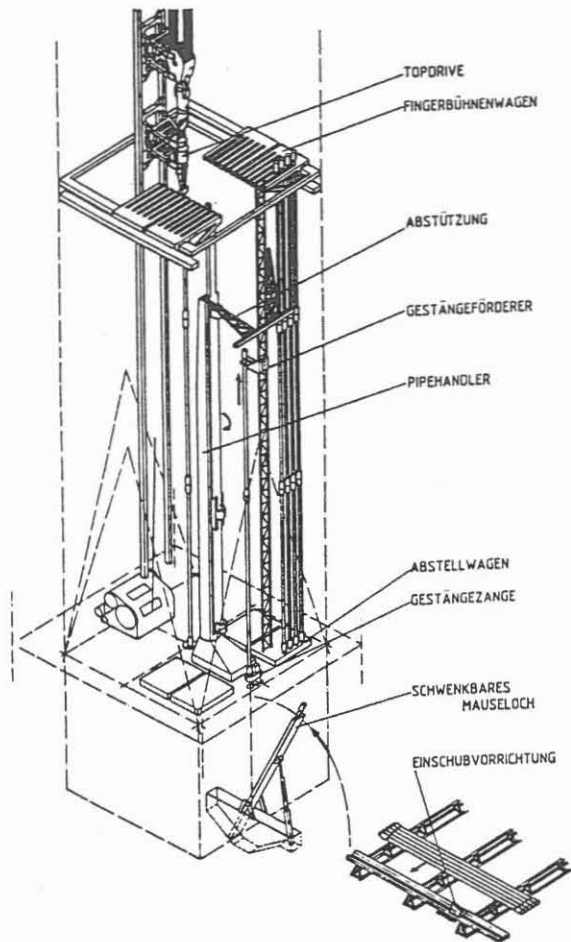
Das Bohrgestängeaufnahme- und Ablegesystem besteht aus den folgenden Komponenten:

- Einschubvorrichtung,
- schwenkbares Mauselloch,
- Gestängezange,
- Gestängeförderer,
- Pipehandler und Overheadkran.

Eine Bohrstange wird mittels einer Einschubvorrichtung vom Gestängelager in ein horizontal liegendes Mauselloch geschoben. Dieses ist drehbar im Unterbau angeordnet. Durch eine Schwenkung um 90° wird die Bohrstange aufgerichtet und von unten durch eine Öffnung in der Arbeitsbühne mittels einer Hubvorrichtung angehoben. Ein an der Innenseite der Turmwand in Bohrlochmitte montierter Gestängeförderer (Greifarm, der sich auf Zahnstangen bewegt) nimmt die Bohrstange auf und hebt sie an, bis der untere Verbinder über die Arbeitsbühne kommt (13,3 m).

Abb. 7: Gestängeaufnahme Nr. 1

Das schwenkbare Mauselloch ist jetzt entleert und wird zur Aufnahme der nächsten Bohrstange um die Horizontale geschwenkt. Diese Bohrstange wird von unten an die bereits am Gestängeförderer hängende Stange mit der auf der Arbeitsbühne montierten Zange angeschraubt und die Verbindung gekontert. Das Verschrauben wird von einer Drehmomentüberwachung kontrolliert.



Der Pipehandler wird für die Übernahme und für den Weitertransport des später komplett montierten Gestängezuges in das Setback an der Gestängeaufnahmeverrichtung plaziert und um 180° von dem Bohrloch zu dieser hingedreht.

Nachdem der Gestängeförderer die miteinander verschraubte erste und zweite Stange des Bohrgestängezuges über die Arbeitsbühne angehoben hat, führt das schwenkbare Mauselloch die dritte Bohrstange hinzu. (Abb. 8)

Diese wird von unten mit den zwei bereits verbundenen Bohrstangen zu einem Gestängezug von drei Bohrstangen verschraubt. Der Gestängeförderer transportiert nun den gesamten Zug in den Turm auf Fingerbühnenhöhe.

Abb. 8: Gestängeaufnahme Nr. 2

Der Pipehandler übernimmt dann den fertig montierten Gestängezug vom Gestängeförderer und setzt ihn im Setback ab. (Abb. 9)

Dieser Arbeitsschritt kann auch - für den Fall, daß der Pipehandler anderweitig arbeitet (z. B. beim Roundtrip) - von dem Overheadkran ausgeführt werden, der den Gestängezug mit einem Krebsgreifer in der oberen Gestängemuffe faßt.

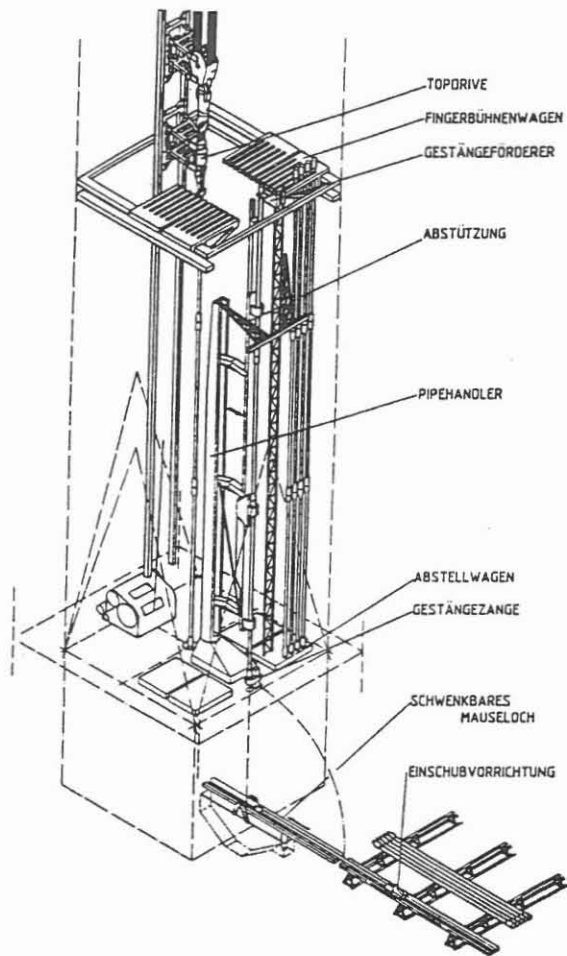


Abb. 9: Gestängeaufnahme Nr. 3

Das Bohrgestängeaufnahme- und Ablegesystem gewährleistet darüber hinaus einen schnellen und sicheren Transport der Kerne, in einem Stück von der Arbeitsbühne zum Bohrplatz und weiter zum Kernlabor.

3.5 Drilling Instrumentierung (DIS) und Automatisierung

Unter Drilling Instrumentation Systeme (DIS) wird die Bohranlageneinrichtung verstanden, die Meßwerte und Daten des Bohrprozesses und der Bohranlage aufnimmt, anzeigt und verarbeitet, die notwendig sind, um den aktuellen Stand des Bohrprozesses und der Bohreinrichtung zu erfassen, Regelprozesse durchzuführen und ausgesuchte Daten zu protokollieren.

Die Drillerkabine ist das Zentrum für die Bedienung und Überwachung des Bohrbetriebes. In ihr sind wesentliche Bestandteile des Drilling Instrumentation Systemes, kurz DIS, Markenname SIDRILL installiert. SIDDRILL ist ein Vielfach auf Offshore- und Onshoreanlagen erprobtes System. Das DIS erfaßt die Daten in Echtzeit und bewältigt die Datenverarbeitung, Datenanalyse, Datenspeicherung und alpha-numerische und graphische Darstellung von Bohrparametern und Prozeßzuständen für die Anlagenteile

- Bohrturm
- Hebewerk/Flaschenzugsystem
- Drehtisch/Topdrive
- Spülungssystem
- Tanklager
- Pipehandlingsystem.

Das DIS ist ein speicherprogrammierbares Prozeßautomatisierungssystem der Produktfamilie SIMATIC S 5-150 und löst Aufgaben, wie

- Steuern
- Regeln
- Rechnen
- Bedienen
- Überwachen
- Melden
- Protokollieren

für den gesamten Bohrprozeß und allen Nebenarbeiten.

Der Betrieb und die Bedienung des Automatisierungssystemes setzt eine leistungsstarke Software voraus.

Die angewandte Programmiersprache "STEP 5" bietet folgende Vorteile:

- Einfache Programmierung durch Strukturieren des Programmes, d. h. Aneinanderreihen von Programmbausteinen
- Vorhandene Standardsoftwarekomponenten für vielseitige Aufgaben
- direkte Programmeingabe mittels Programmiergerät
- indirekte Programmeingabe durch Einstecken des Speichermoduls
- Ausgabe der Programmdokumentation über Drucker

Die anfallenden Prozeßsignale werden über die Meßwertfassung- und -aufbereitungsanlage an das Automatisierungsgerät gegeben.

Erprobte und zuverlässige Meßfühler, vielfach in anderen Industriezweigen eingesetzt, nehmen die Meßgröße des Prozesses auf und wandeln diese in elektrische Signale um.

Meßwertumformer verstärken und normieren die unterschiedlichen Meßsignale in Stromwerte 4-20 mA und Spannungswerte 0-10 V.

Diese Signale werden entweder direkt an analoge Anzeige- und Registriergeräte geführt oder über Analogeingänge vom Automatisierungsgerät übernommen.

Je nach Verwendung erfolgt weitere Verarbeitung im Automatisierungsgerät wie:

- Glättung
- Mittelwertbildung
- Grenzwertbildung und ähnliches

Es werden ca. 200 Analog- und Binärsignale verarbeitet.

Das Instrumentenfeld in der Drillerkonsole enthält Analog- und Ziffernanzeigen sowie Meldeleuchten.

Ein Taster- und Schalterfeld erlaubt die Bedienung des Instrumentenfeldes. Haken und Meißellast werden konventionell angezeigt.

Bedienung und Überwachung des Prozesses erfolgt an Datensichtstationen über Tastaturen und Bildschirme.

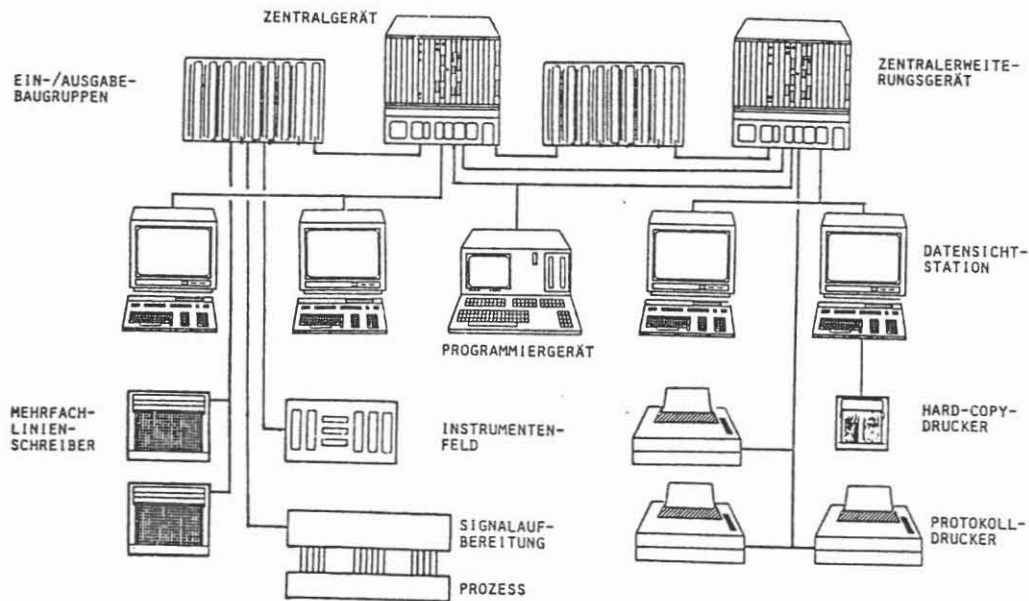
Auf Bildschirmen werden angezeigt:

- Alarm und Störmeldung
- Betriebszustände der Anlage, Prozeßdaten
- Prozeßübersichts- und Einzelblätter
- Tankinhalte

Prozeßdaten, Alarm- und Störmeldungen, Schichtprotokolle und historische Daten können über folgende Registriergeräte aufgezeichnet werden:

- Protokolldrucker
- Hardcopy-Videodrucker
- Mehrfachlinienschreiber

Die Gerätekonfiguration des vorgesehenen DIS zeigt Abb. 10:



Es handelt sich um die folgenden Geräte:

- Zentralgerät mit Zentralerweiterungsgerät
- Signalein- und -ausgabebaugruppen
- Programmiergerät
- Datensichtstationen
Drillerkabine, Oberbohrmeisterbüro, Operatorbüro,
wissenschaftlicher Arbeitsraum
- Mehrfachlinienschreiber
Drillerkabine, Oberbohrmeisterbüro
- Instrumenten- und Bedienfeld
- Signalaufbereitung
- Prozeßebene

Das vorgestellte System ist erweiterungsfähig, sowohl auf der Prozeßseite als auch an der Datenein- und -ausgabenseite bei zusätzlichen Aufgabenstellungen.

Es hat Schnittstellen für Datentransfer zu DV-Anlagen namhafter Hersteller.

Die im Energieversorgungsteil bereits erwähnte USV-Anlage sichert unterbrechungsfreien Betrieb.

Das vorgestellte DIS löst folgende prozeßspezifische Aufgaben:

- Hebewerksregelung beim Roundtrip durch Vorgabe von Geschwindigkeits- bzw. Drehzahl und Momentensollwerte an die Hebewerksantriebe
- Bohrhakensteuerung beim automatischen Pipehandlingbetrieb
- Erstellung und Führung eines Gestängebuches
- Darstellung der Spülungsvolumina und -flüsse im Bohrloch-Umlaufspiel und Reservetanksystem

- Früherkennung kritischer Bohrloch-Situationen
- Kicküberwachung durch Druckmessung
- Eingabe und Speicherung von Mischungsrezepturen für die Spülung
- Beschriftung und Etikettierung der Bohrkleinproben

Driller Kabine

Wie bereits erwähnt, ist das DIS in der Drillerkabine eingebaut.

Im U-förmigen Steuerstand sind die Anzeige- und Bediengeräte nach ergonomischen Gesichtspunkten angeordnet.

Für das Automatisierungssystem ist das folgende Anforderungsprofil vorgesehen:

- Erfassung aller relevanten Daten aus dem Bohrbetrieb
- Aufbereitung der Daten und Bereitstellung für wissenschaftliche Auswertung
- Überwachung der mit dem Bohrvorgang zusammenhängenden Parameter und Funktionen
- Erkennung und Meldung gefährlicher Betriebszustände
- Zeiteinsparung beim Bohrvorgang
- Unterstützung und Entlastung des Personals bei der Bedienung und Überwachung
- Entscheidungshilfen bei kritischen Operationsphasen
- Information der Betriebsführung
- Wirtschaftliche und sichere Durchführung der Betriebsführung
- Höhere Meßgenauigkeit, umfangreiche Meßausrüstung

Das so konzipierte Drilling Instrumentation System gewährleistet damit die folgenden zwei wesentlichen Forderungen;

- a) Eine lückenlose Erfassung und Aufbereitung wesentlicher Daten zur Auswertung für diese unter rein wissenschaftlichen Aspekten abgeteuften Bohrung.
- b) Eine weitgehende Automatisierung wesentlicher, häufig wiederkehrender Abläufe zum Erreichen der vorgesehenen Endteufe dieser Langzeitbohrung.

4. UMWELTSCHUTZ UND SICHERHEIT

Aufgrund des langen Einsatzes der Bohranlage für eine Bohrung und aufgrund des großen Interesses, das das Projekt weltweit genießt, sind Gesichtspunkte der Arbeitssicherheit und des Umweltschutzes zu einem wesentlichen Bestandteil der Konzeption geworden.

Dazu gehören insbesondere Lärmschutz, Schadstoffemission, Sicherheitsmaßnahmen und Arbeitsplatzgestaltung. Die Überlegungen zu diesen Bereichen sind im Einklang mit den zahlreichen bestehenden Gesetzen, Richtlinien und Verordnungen.

Wesentliche Aspekte des Konzeptes zur Verhinderung von Lärm-entstehung bzw. zur Dämmung von Lärmemission sind hier aufgeführt.

- Unterbau und Turm sind bis über die Fingerbühne hinaus verkleidet. In den Bereichen der Arbeits- und Fingerbühnen ist die Verkleidung mit Schallabsorptionsisolierung versehen, um eine Dämmwirkung zu erzielen. Die Auslegung des Hebewerks mit hydraulischer Nachlaßvorrichtung und Scheibenbremsen verhindert die Entstehung von Bremsgeräuschen. Gleichen Zielen dient die Maßnahme, auf luftbetriebene Geräte, wie z. B. Lufthaspel und Kelly-Spinner zu verzichten und diese durch hydraulisch betriebene Aggregate zu ersetzen.
- Die Tankanlage, das Spülmittellager und die Pumpen sind in geschlossenen Räumen untergebracht. Das Pumpenhaus ist mit Absorptionsisolierung versehen. In den Bereichen Schüttelsieb und Desilterschlitten sind zusätzliche Verkleidungen vorhanden. Alle Ansaugöffnungen für Fremdbelüftungen sind mit Kulissenschalldämpfern ausgerüstet.

Dies gilt auch für die Ansaugstutzen der Belüftungen der Antriebmotoren vom Drehtisch, Topdrive und Hebewerk sowie aller Kompressoren.

- Die Versorgung der Bohranlage mit elektrischer Energie erfolgt aus dem öffentlichen Netz. Damit entfällt die Geräuschestehung durch Erzeugung elektrischer Energie. Die drei Notstromaggregate sind in schallisolierten Containern installiert und mit Kulissenschalldämpfern versehen. Das gleiche gilt für die Anlage zur Druckluftherzeugung sowie für den Kompressorensatz, der für das Luftbohren vorgesehen ist.

Zur Verhinderung bzw. Eingrenzung der Schadstoffemission sind die folgenden Aspekte berücksichtigt:

- Voraussetzung zur sicheren Handhabung aller während der Bohrung anfallenden flüssigen Stoffe - besonders der Spülung - ist die Auslegung einer Lokation, die ein kontrolliertes Sammeln und Ableiten aller Flüssigkeiten möglich macht.
- Es wird empfohlen, den Bohrplatz in zwei Bereiche aufzuteilen. Der erste Bereich umfaßt Unterbau, Tankanlage mit Bohrkleinbehältern, Pumpen, Spülungs- und Rohrinnspektionslager. Er ist durch eine Einfassung begrenzt. Alle hier anfallenden Flüssigkeiten sind zu sammeln, aufzuarbeiten oder zu deponieren.
- Im verbleibenden zweiten Bereich fällt lediglich Oberflächenwasser durch Niederschläge an. Dieser Bereich soll von einem Grabensystem umgeben werden, das mit der Kläranlage verbunden ist. Kontrollschächte in der Fundamentierung dienen zur Überwachung der Dichtheit der Betondecke.
- Die Spülung, die bei Roundtriparbeiten auf der Arbeitsbühne anfällt, wird in Auffangkanälen und -wannen gesammelt und abgeleitet.
- Emissionen in Form von Abgasen von Dieselaggregaten treten nur sehr selten auf, da die laufende Energieversorgung aus dem öffentlichen Stromnetz erfolgt.

- Mit Anfall von Staub ist lediglich dann zu rechnen, wenn Luftbohrarbeiten zur Anwendung kommen. In diesem Falle ist geplant, am Ende der Austragsleitung den Gesteinstaub durch Wasser zu binden und für die geowissenschaftliche Auswertung zu sammeln.
- Der Dieseltank für die Notstromversorgung ist doppelwandig ausgeführt und mit einer Leckanzeige versehen. Schmieröle werden auf speziellen Schlitten gelagert, die mit Auffangwannen versehen sind und so ein sauberes Arbeiten ermöglichen. Für Altöl steht ein Tank zur Verfügung, der gekennzeichnet ist und regelmäßig gezielt entsorgt werden kann.

Die weitgehende Automatisierung vieler Betriebsabläufe kommt dem Sicherheitsdenken in vielen Bereichen entgegen. Das Fernhalten des Menschen aus komplizierten oder gefährlichen Arbeitsbereichen durch den Einsatz von automatisierten Geräten, reduziert eine eventuelle Unfallgefahr drastisch. Umfangreiche Überlegungen wurden angestellt zum Abschotten und Absichern solcher Bereiche gegen unbeabsichtigtes Eindringen.

Die Arbeitssicherheit wird durch folgende konstruktive Maßnahmen erhöht:

- Ausreichende Fluchtwege für bohrtechnisches und wissenschaftliches Personal sowie Besucher
- Gassensoren in den Bereichen Arbeitsbühne und Bohrturm steuern bei Gasanzeige die Lüftungsklappen im unteren Bereich der Arbeitsbühne. Die Kaminwirkung der oben offenen Bauweise sorgt für schnelles Abziehen der Gase
- Zusätzliche Sicherheitseinrichtungen am Hebewerk für die beschriebenen Betriebsarten, Heben, Bremsen, Energierückgewinnung
- Unfallrisiko wird durch APS, BAAS und Topdrive reduziert
- Ergonomische Arbeitsplatzgestaltung
- Aktiver und passiver Lärmschutz
- Einbau von Aufzügen

Die hohen Anforderungen an den Bohrarbeiter im Hinblick auf Projektdauer, Roundtripdauer, Schnelligkeit und Lasten beeinflussen in hohem Maße die Gestaltung der Arbeitsplätze.

Das hier erarbeitete Bohranlagenkonzept stellt neue Einrichtungen und Verfahrensweisen vor, die für die dazugehörigen Arbeitsplätze Verbesserungen und für deren Arbeitsinhalte geringere physische Belastungen gegenüber den heutigen aufweisen. Im Rahmen der hier gestellten Überlegungen sind Belastungen, die vom Arbeitsplatz auf den Mitarbeiter ausgehen, analysiert und unter Anwendung der heutigen Kenntnisse hinsichtlich der ergonomischen Gestaltung von Arbeitsplätzen vermieden worden. Folgende Arbeitsplätze besitzen besondere Gestaltungsmerkmale:

- Arbeitsbühne
- Driller-Kabine (Driller- und Pipehandlerkonsole)
- Fingerbühne
- BAAS und BAAS-Bedienkonsole
- Unterbau
- Spülsaufbereitung
- Bohrgestängeinspektion

In der Driller-Kabine befinden sich die Arbeitsplätze für den Driller und den Operator des APS. Roundtripzeiten, die länger als eine Schicht dauern, binden beide für die gesamte Dauer ihrer Schicht an ihren Arbeitsplatz. Sie nehmen hier vornehmlich überwachende und steuernde Aufgaben wahr. Beide neu gestalteten Arbeitsplätze mit ihren Konsolen, Überwachungs- und Steuereinrichtungen tragen dem Rechnung.

Während des Aufnehmens des Bohrstrangs führt die Mannschaft lediglich überwachende und steuernde Aufgaben aus, denn ein Schub- und Zugmechanismus bewegt die Bohrstange in das kippbare Mauselloch. Von dieser Position aus verläuft das Zusammenstellen der Züge und Abstellen im Setback ohne Einsatz menschlicher Arbeitskraft. Entsprechendes gilt für das Ablegen.

Zwei Personenaufzüge verbinden die Arbeitsplätze in den unterschiedlichen Bohrturm-Ebenen, so daß ermüdendes Steigen von Treppen entfällt. Einer der Personenaufzüge führt bis zur Fingerbühne, so daß die regelmäßigen Inspektionen ohne Steigarbeit ausgeführt werden können.

Als Fazit der Studie kann gelten, daß unter Verwendung vorhandener und bewährter Geräte und Systeme, durch eine Optimierung im Hinblick auf den besonderen Einsatzzweck und durch eine Neuentwicklung von Systemen in wenigen Bereichen, eine Bohranlage konzipiert worden ist, die alle bisher auf dem Markt befindlichen Anlagen wesentlich verbessert. Wirtschaftliche Überlegungen und technische Erfordernisse rechtfertigen das Konzept.