

RECHENREINIGUNG ANFÄNGE – GEGENWART – AUSBLICKE

W. Radhuber

Abstract: Einläufe von Wasserkraftwerken waren immer mit Einlaufrechen ausgerüstet, um Geschwemmsel, Laub, Müll etc. von den Turbinen fernzuhalten. Anfangs wurden die Rechen manuell mit Handharken verschiedenster Art gereinigt. Schon damals haben Betriebsangehörige die Entwicklung beeinflusst und z.B. Handharken mit Rollen selbst entwickelt.

Bei größeren Anlagen war der erforderliche Personaleinsatz enorm, in Rheinfelden z.B. waren zur Laubzeit an die 100 Mann erforderlich. Daher wurden schon zur Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert Anlagen zur maschinellen Rechenreinigung gebaut. Die Entwicklung führte zu den großen Seilmaschinen, die wir von großen Flusskraftwerken an Donau, Rhein, Paraná (Itaipú) u.a. kennen.

Ende des 20. Jahrhunderts wurden hydraulische Baggermaschinen für Kleinkraftwerke entwickelt. Die frühere Tendenz, Konstruktionen des Stahlwasserbaues für Großanlagen durch Verkleinern an Kleinkraftwerke anzupassen wurde umgekehrt. Die hydraulischen Baggermaschinen wurden vergrößert und den Anforderungen der Großanlagen nach Möglichkeit angepasst.

Energieumwandlung im Rückblick

4000-2000 AC

Sumer: Schöpfräder bis 30 m Durchmesser

Rom: Wasserräder mit vielen Metern Durchmesser gehören zum Stand der Technik. Vitruv (geb. ca. 80 AC) beschreibt Wasserräder, Schöpfräder, Wasserspiele, Wasserleitungen etc. Es gab z.B. eine Mahlanlage bei Barbegal nahe Arles. 250 – 300 l/s, Fallhöhe 25 m, in 2 Reihen jeweils 8 Wasserräder.

Mittelalter:

Wasserräder begründen den wirtschaftlichen Aufschwung Europas.

Neuzeit:

Die Nutzung des Dampfes ermöglicht die Bereitstellung von Energie praktisch jederzeit und überall, die Wasserkraftnutzung verliert an Bedeutung.

1809: Pferdeeisenbahn in Philadelphia

1825: Dampfeisenbahn Stockton – Darlington

1827: Erste Wasserturbine von Benoit Fourneyron (Schüler von Claude Budin), radial von innen beaufschlagt, 4,5 kW, Wirkungsgrad 80%.

1830: Eisenbahnnetz weltweit: 332 km

- 1835: Eisenbahn Nürnberg – Fürth
- 1838: Francisturbine mit 170 kW von James Bicheno Francis (USA)
- 1870: Eisenbahnnetz weltweit: 221.980 km
- 1871: 25.000 km Eisenbahn in Deutschland
- 1874: Erste Francis - Turbine in Deutschland
- 1880: Eisenbahnnetz weltweit: 367.235 km
- 1883: Eisenbahnnetz weltweit: 443.441 km
- 1883: Genfer Pumpwerk an der Rhone (Elektrischer Strom nur für den Eigenbedarf.
- 1888: Pelton – Turbine von Lester Allan Pelton (USA)
- 1891: Internationale Elektrotechnische Ausstellung in Frankfurt: Fernübertragung von elektrischem Strom von Lauffen nach Frankfurt über 175 km
- 1893: Durchbruch des Wechselstromes (Tesla und Westinghouse, Columbus Weltausstellung in Chicago)
- 1895: Eröffnung des Niagara-Wasserkraftwerkes
- 1898: Rheinfelden, Europas erstes großes Laufkraftwerk
- 1898: Kammerl, Europas ältestes Bahnkraftwerk
- 1919: Kaplan – Turbine von Viktor Kaplan (A)

1 Entwicklung der Rechenreinigungsmaschinen

1.1 Vorher

Vom Mittelalter bis zur Neuzeit war die Wasserkraft vor allem in Mitteleuropa die wichtigste Quelle zur Bereitstellung mechanischer Arbeit. Die Nutzung dieser Arbeit war ortsgebunden. Die aufkommende Dampfkraft stellte mechanische Arbeit erstmals ortsungebunden zu Verfügung, der Anteil der Wasserkraft wurde zurückgedrängt und blieb auf Mühlen, Hammerwerke und sonstige Verbraucher direkt neben den Wasserkraftanlagen beschränkt. Die Energieumwandlung erfolgte durch Wasserräder, erst im 19. Jahrhundert wurden die ersten Turbinen entwickelt. Die Energie wurde durch mechanische Transmissionen zu den nahe gelegenen Verbrauchern geleitet. Die Entwicklung und Verbreitung der Elektrizität schuf Ende des 19. Jahrhunderts erstmals die Möglichkeit, an einem Ort mechanische Arbeit in wirtschaftlich transportfähige elektrische Energie umzuwandeln und diese Energie an einem weit entfernten anderen Ort wieder in mechanische Arbeit zurückzuführen. Damit kamen die Wasserkraften wieder zu ihrem Recht, die vorher der ortsungebundenen Dampfkraft unterlegen waren. In Ländern mit großen Flüssen und Bächen mit starkem Gefälle entwickelte sich der Ausbau der Wasserkraften sehr schnell. Auch in Gebieten mit billiger Kohle wurden "die in ewigem Kreislauf sich jährlich erneuernden Wasserschätze der fließenden Gewässer"^{*)} nutzbar gemacht. Bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts waren zahlreiche große Wasserkraftwerke in Betrieb. Eines der deutschsprachigen Standardwerke, "Die Wasserkraften" von Adolf Ludin [2] erschien 1913 und beschreibt bereits eine große Zahl von Kraftwerken.

^{*)} Die Wasserkraften, A. Ludin, Springer 1913, Geleitwort von Geh. Oberbaurat Dr.-Ing. Hermann Keller

Wasserkraftanlagen mit Wasserrädern wurden seit der Antike offenbar so gebaut, daß grobes Schwemmzeug gar nicht zum Wasserrad gelangen konnte. Ich habe aber weder bei Vitruv noch bei anderen späteren Fachautoren Hinweise auf Rechen oder ähnliche Konstruktionen zum Zurückhalten von Schwemmzeug gefunden. Gegen Laub und kleineres Schwemmzeug sind Wasserräder zwar ziemlich unempfindlich, gegen driftendes Grobzeug wurden aber sicher bereits damals Maßnahmen getroffen.

Die erste Turbine wurde gegen 1827 in Betrieb genommen. Sie war innen beaufschlagt, leistete 4,5 kW bei einem Wirkungsgrad von 80%. Bereits 1838 wurde die erste Francisturbine mit 170 kW Leistung Betrieb genommen [3].

Turbinen verarbeiten viel größere Wassermengen als Wasserräder. Die durchströmten Querschnitte sind relativ eng. Turbinen sind daher wesentlich empfindlicher gegen Schwemmzeug als Wasserräder. Schon bei den ersten Turbinenanlagen wurden Rechen eingebaut. Bei Meißner [1] werden die Teile von Wehranlagen, Kanälen etc. detailliert abgehandelt, Rechen werden aber nicht erwähnt. Auf den Zeichnungen ist aber zu sehen, dass bereits in der Anfangszeit der Turbinen Rechen eingebaut wurden, siehe Bilder 1 – 3.

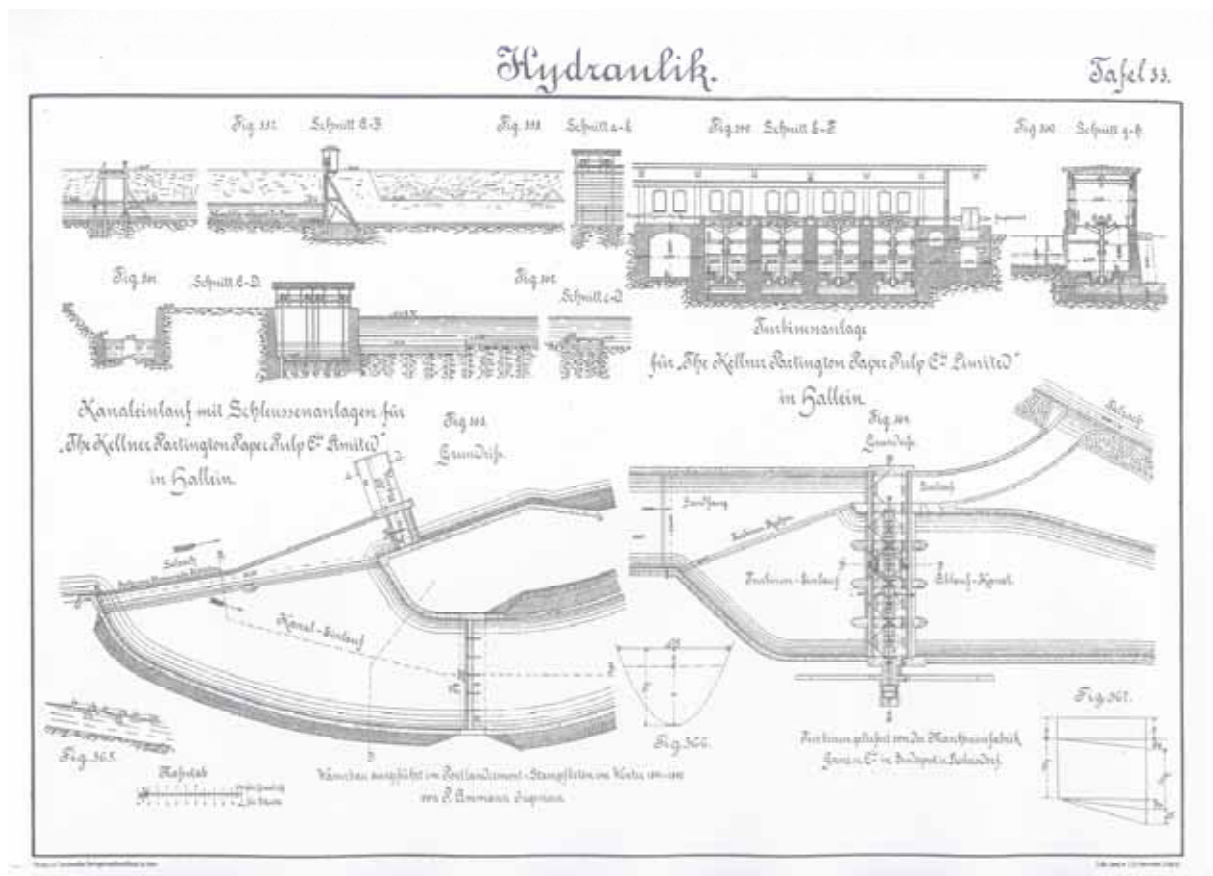


Bild 1. Kraftwerk Hallein, Baujahr 1891-1892 [1]

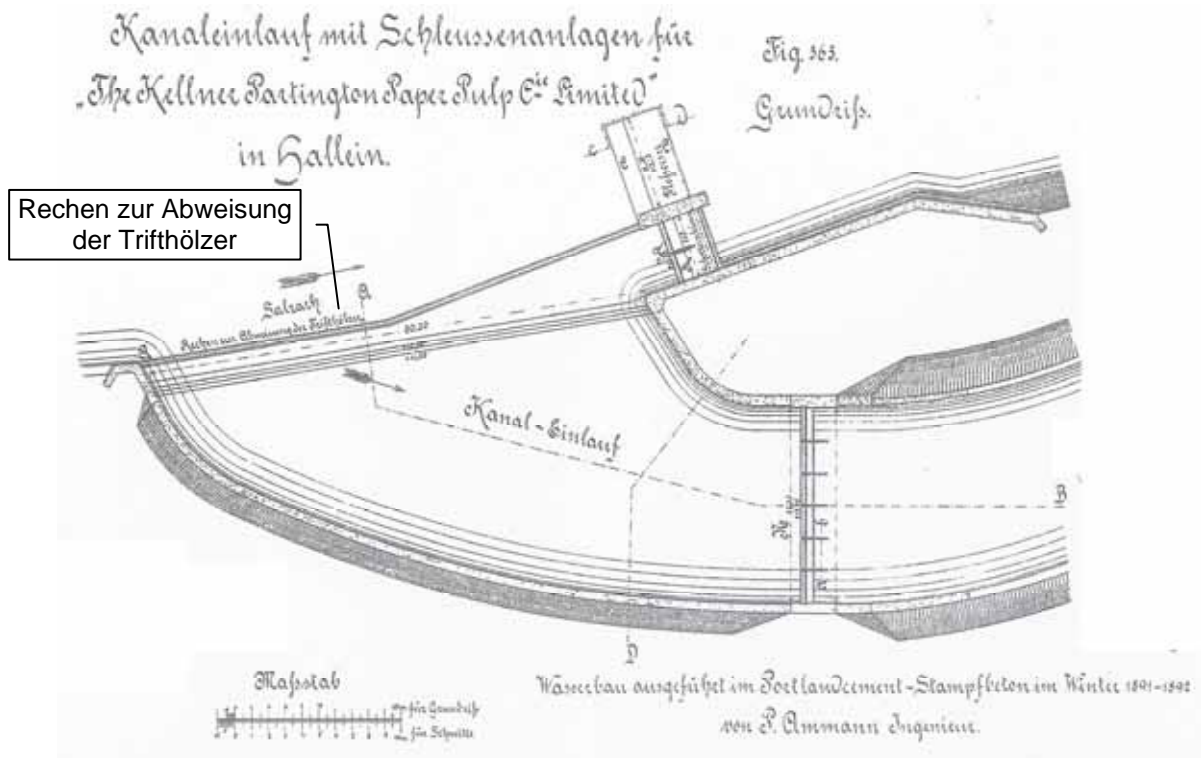


Bild 2. Kraftwerk Hallein, Ausschnitt aus Bild 1: Grobrechen [1]

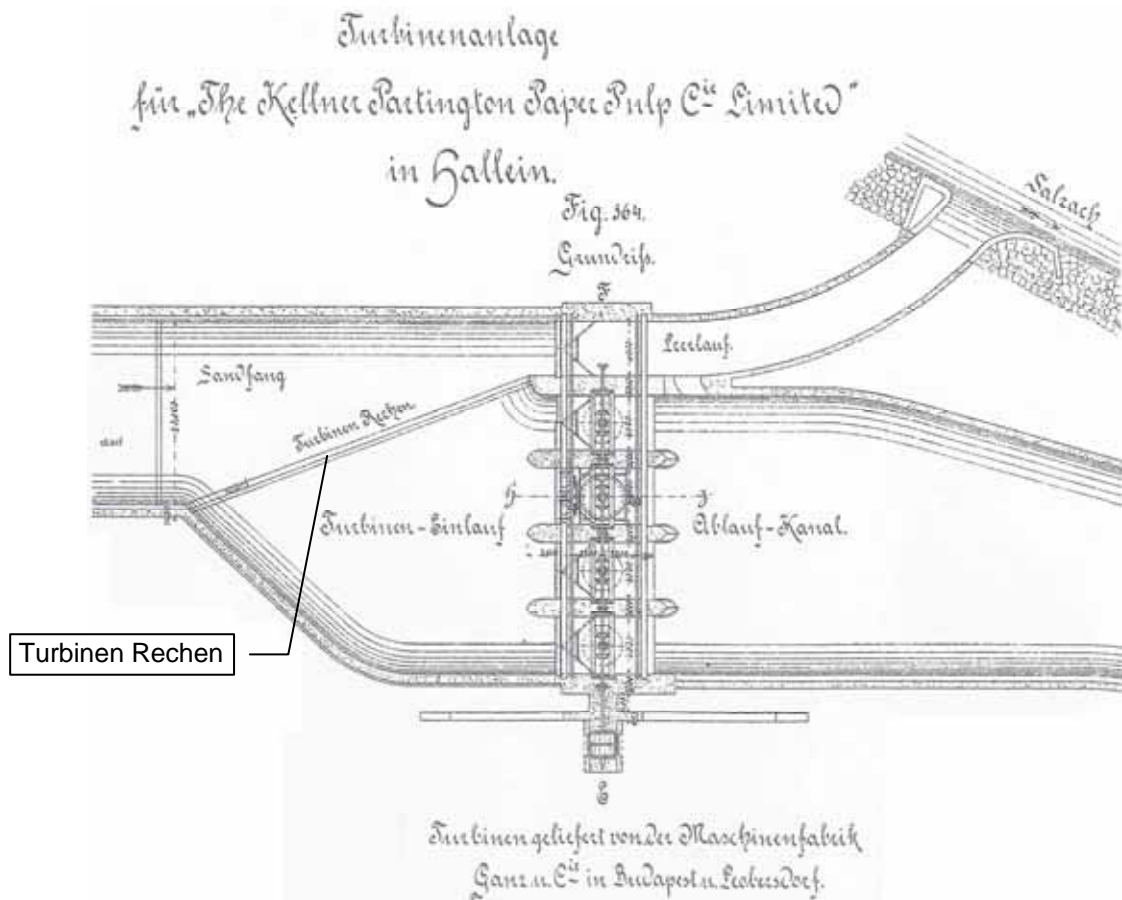


Bild 3. Kraftwerk Hallein, Ausschnitt aus Bild 1: Feinrechen [1]

1.2 Anfänge der Rechenreinigung

Seit es Rechen gibt, müssen diese auch gereinigt werden. Die Rechen wurden händisch gereinigt, Betriebsleiter und Betriebspersonal haben die Entwicklung der Handharken beeinflusst und möglichst leicht handhabbares Gerät, z.B. Handharken mit Rollen selbst entwickelt [2].

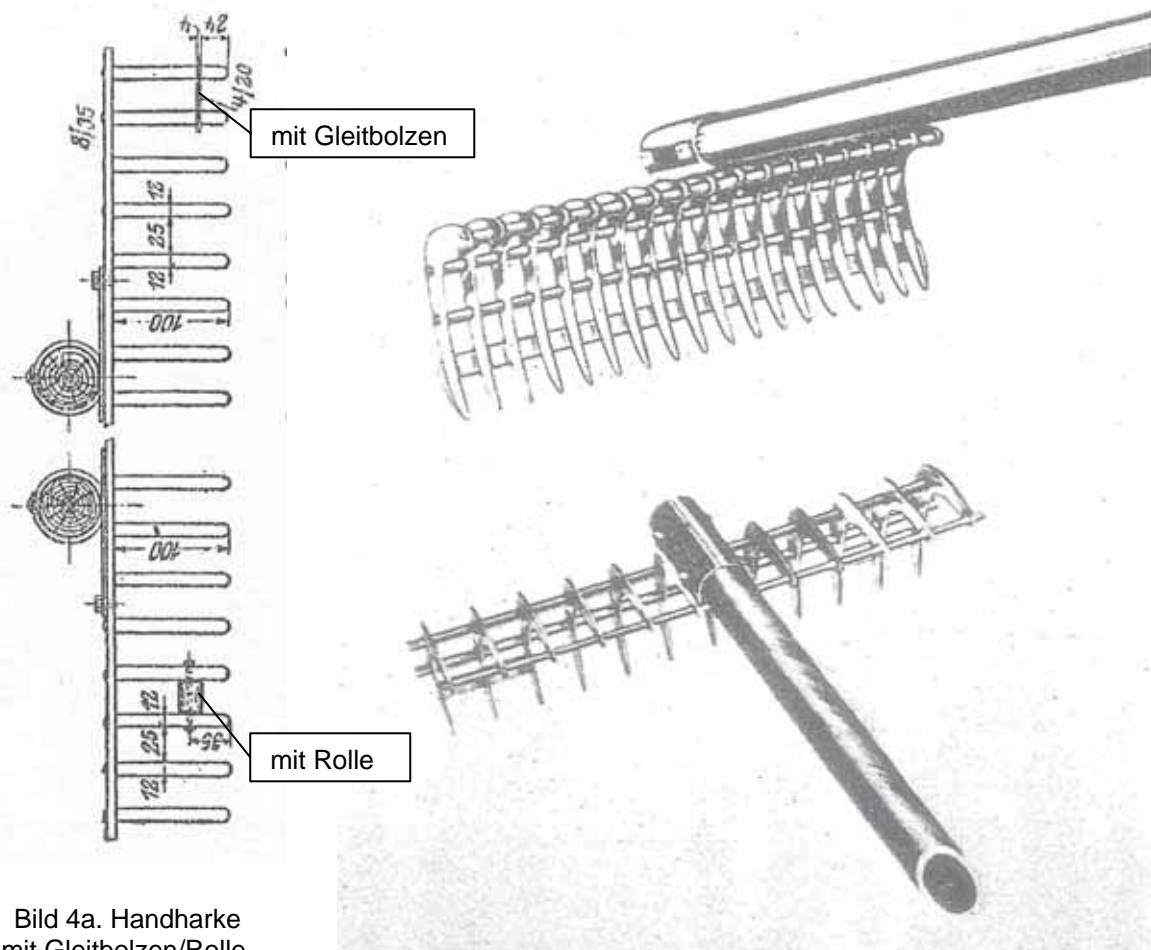


Bild 4a. Handharke mit Gleitbolzen/Rolle, 1913 [2]

Bild 4b. Leichte Handharken mit rostfreien Rechenzähnen, 1960 [4]

(Photo courtesy of Rodney Hunt Machine Company, U.S.A)

Bei großen Anlagen war der Personaleinsatz in der Laubzeit enorm, in Rheinfeldern beispielsweise waren zur Laubzeit an die 100 Mann erforderlich. Schon damals, zu Beginn des 20. Jahrhunderts war es nicht leicht, so viele Leute für einen kurzzeitigen Einsatz zu finden.

In manchen Gegenden hat sich die händische Reinigung bis heute gehalten. Noch Ende der Achziger-Jahre habe ich Anfragen für Rechenreinigungsmaschinen bekommen, die bei großen Anlagen die händische Reinigung ersetzen sollten!

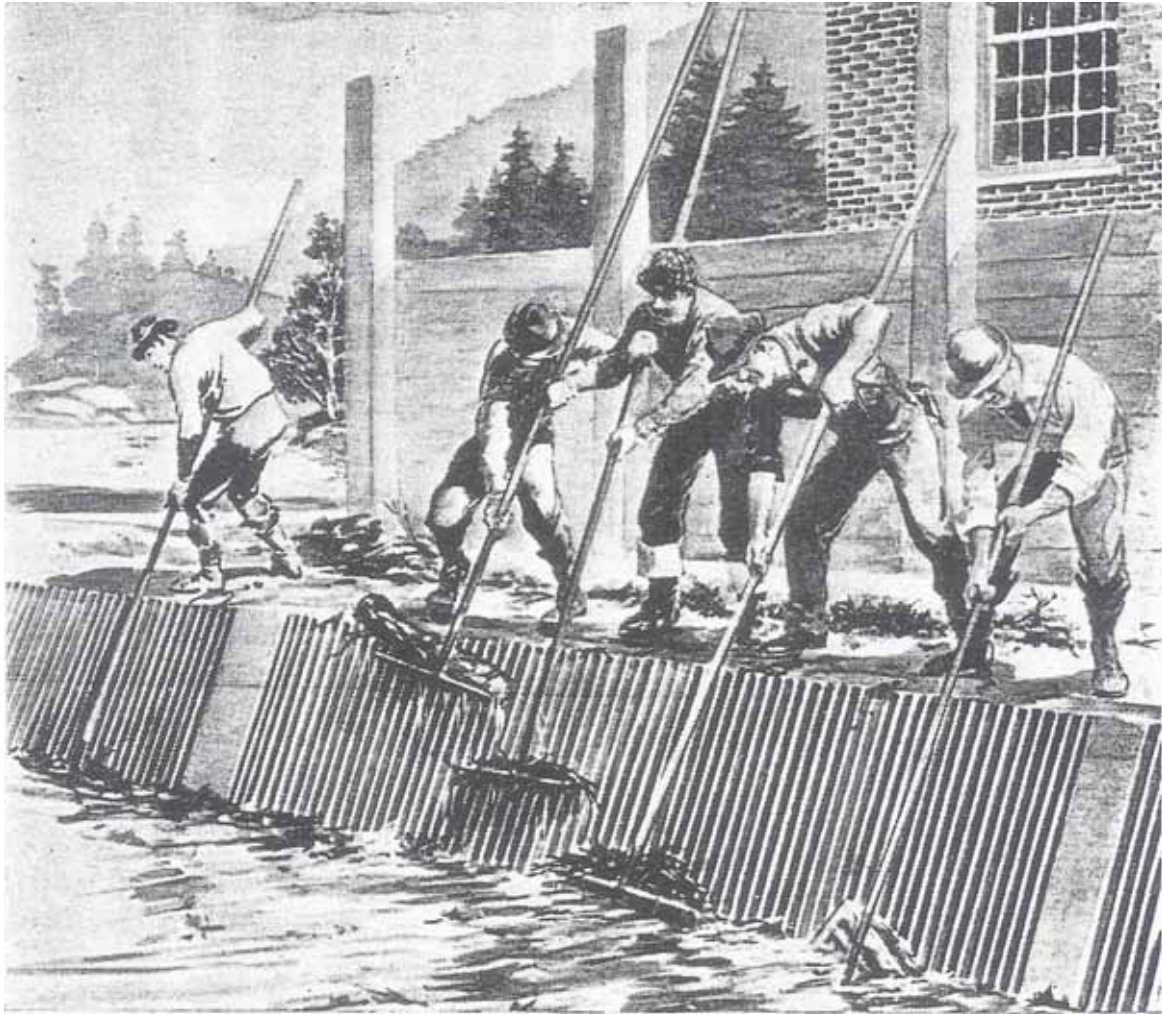


Bild 4c "*Hand raking of trashracks as commonly performed in the past*"

Illustration zum viel zitierten Artikel von Thaddeus Zowski in

"Water Power", October 1960, page 399 [4]

"Zur Veranschaulichung diene, daß in 8 Tagen (2.Nov. bis 9.Nov. 1010) dort 1648 cbm Laub gefördert wurden. Das heißt: bei Ausnutzung der Normalwassermenge von 520 cbm/sek betrug der Laubanteil 6,5 Liter auf 1000 cbm.

Zur Erleichterung des Aufziehens der Harken hat der Betriebsleiter des Elektrizitätswerkes Aue bei Baden i. Schweiz eine Harke mit zwei Laufrollen ausgestattet." [2]

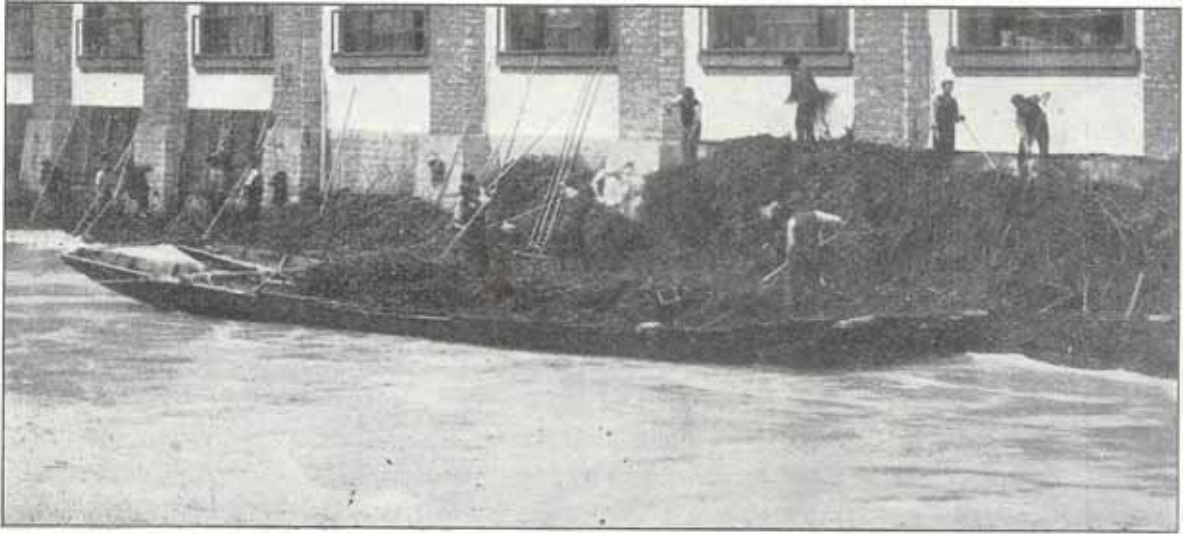


Bild 5: *Gewöhnlicher Feinrechendienst am Werk Rheinfelden bei Hochwasser (Aufn. Ing. Bitteli in Rh.)*

Aus "Die Wasserkräfte" [2]

Man beachte das extrem schmale Rechenpodium für die Arbeiter!

Die händische Reinigung hatte auch Auswirkungen auf die Anordnung und Größe der Rechen: die Wassertiefe über Rechenschwelle sollte nicht über 5 m betragen, äußerstenfalls 6 m. Als Strömungsgeschwindigkeit, die anfänglich mit 1,2 m/s relativ hoch war und z.B. in Rheinfelden zu Problemen geführt hat, wird später zwischen 0,4 und 0,7 m/s (auf schräge Höhe bezogen) genannt.

Jedenfalls war zu Ludin's Zeit (1913) wesentliches Auslegungskriterium einer Wasserkraftanlage die Möglichkeit der händischen Rechenreinigung, obwohl er in seinem Buch Rechenreinigungsmaschinen vorstellt und auch deren Wirtschaftlichkeit nachweist: Reinigung von Hand kostete bereits damals 2,5 x soviel wie maschinelle Rechenreinigung.

Die Mechanisierung der Rechenreinigung war also schon vor 100 Jahren nahe liegend und wurde auch in Angriff genommen.

1.3 Mechanische Rechenreinigung

Im Kraft- und Pumpwerk bei Glüder in Solingen (Baujahr 1902) war bereits eine stationäre Rechenreinigungsmaschine installiert. Sie wurde von Amme, Giesecke und Konegen in Braunschweig gebaut und diente hauptsächlich zur Beseitigung von Laub.

Der Rechen wurde von einer mit einer endlosen Kette angetriebenen Streichleiste von unten nach oben überfahren und das mitgenommene Rechengut oben auf ein quer laufendes Förderband abgestreift. Als Antrieb diente ein Drehstrommotor mit 3 PS.

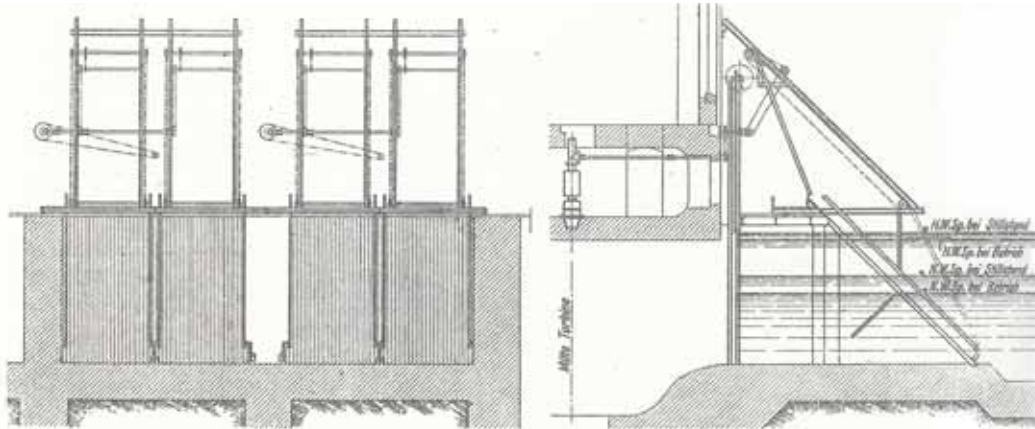


Bild 6: Rechenputzmaschine Solingen (Amme, Giesecke u. Konegen).
Aus "Die Wasserkräfte" [2]

Bei kleineren Kraftwerken werden Ketten-Rechenreinigungsmaschinen modernerer Bauart auch heute noch eingesetzt.

"Für große Rechenlängen würde die Beschaffung ortsfester Rechenreiniger wie in Solingen natürlich zu kostspielig sein: hier wird man darauf abheben müssen eine fahrbare Maschine zu bekommen, die der Reihe nach die einzelnen Rechenfelder bearbeitet. Eine solche (patentiert) Einrichtung ist im Elektrizitätswerk Chèvres seit Mai 1910 in Betrieb." [2] (Siehe Bild 7 & 8.)

Der Apparat läuft auf Schienen über die 190 m langer Rechenbrücke, er wird von einem 15-PS-Drehstrommotor mit 120 Volt betrieben und kann nach Wunsch mit 30 m/min Geschwindigkeit, oder für die größeren Umsetzungen: mit 50 m/min laufen.

Die Harke besteht aus einem beweglichen Führungsrahmen A, der um einen Zapfen B schwingen kann. In diesem Rahmen läuft zwischen Rollen der "Stiel" aus Formeisen, in dem seinerseits eine Blechtasche H befestigt ist. Diese Harke sinkt allein durch Eigengewicht auf den Rechenfuß herab und wird durch ein Stahlseil D, das auf die Trommel E aufgewickelt ist, vom Motor F aus gehoben. Während des Niederganges ist der bewegliche Arm durch die Klauen G festgehalten, und die Tasche H ist dadurch auf 20 bis 60 cm vom Rechen abgehoben. Sowie aber die Harke den Rechenfuß erreicht, trifft der Daumen J an dem Stiel K einen Anschlag L und löst die Klinke G aus, so daß die Tasche unten auf den Rechen fällt. Ist das Getriebe M einmal in Gang, so genügt es, den Treibriemen von der losen Scheibe N auf die feste N' zu leiten, um die Harke aufsteigen zu lassen. Kurz ehe dann die Tasche den oberen Rechenrand erreicht hat, läuft die schräge Führungsbahn P auf die Rolle Q auf und hebt die Harke vom Rechen ab, um sie im weiteren Aufwärtsgang wieder allmählich über den Rand des Schüttrichters S zurücksinken zu lassen, soweit das die jetzt wieder eingefallene Klinke G erlaubt. Hierbei stößt die Tasche dann mit der Klinke u-u' an den Anschlag T, wodurch die Kippbewegung der Tasche in die punktierte Stellung H der Abb. 975 (hier: Bild 8) eingeleitet wird. Bei noch weiterem Aufwärtsgang des Stiels K stößt zuletzt der Daumen X an den Anschlag Y, wodurch der Treibriemen wieder auf die lose Rolle eingerückt wird. Jetzt hat der Maschinist einzugreifen: er löst die Reibungsbremse 1, und der Stiel gleitet, die Trommel E mitnehmend, wieder herab. Bei 4 ist noch eine Handausrückung angeordnet, bei 5 eine Fangvorrichtung für den Fall, daß das Seil reißt.

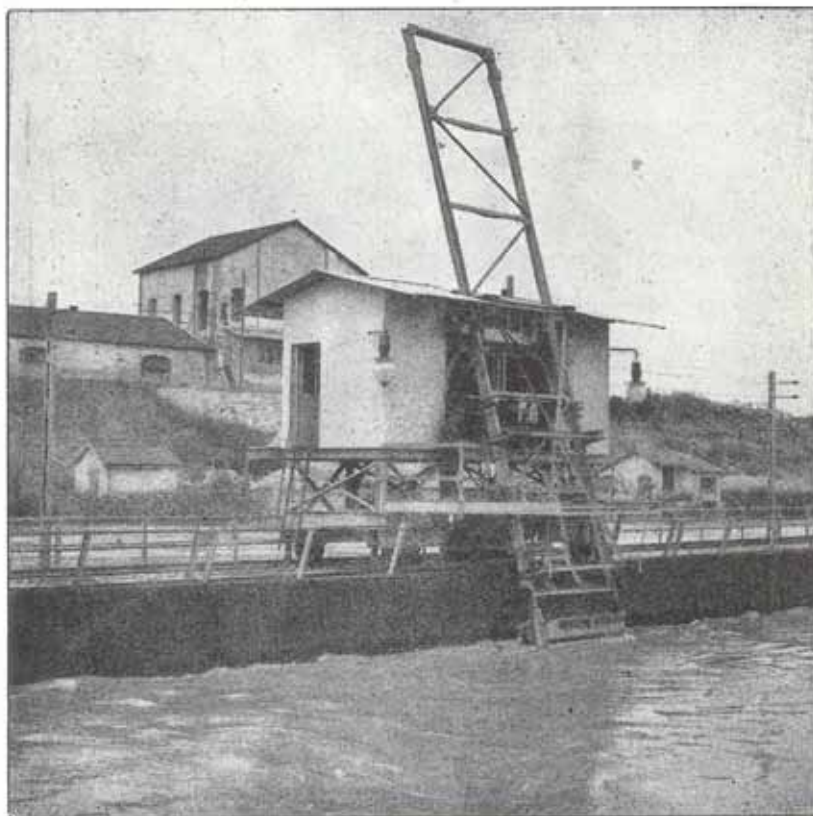


Bild 7: Rechenputzmaschine Chèvres im Betrieb (Services techn. Genf)
Aus "Die Wasserkräfte" [2]

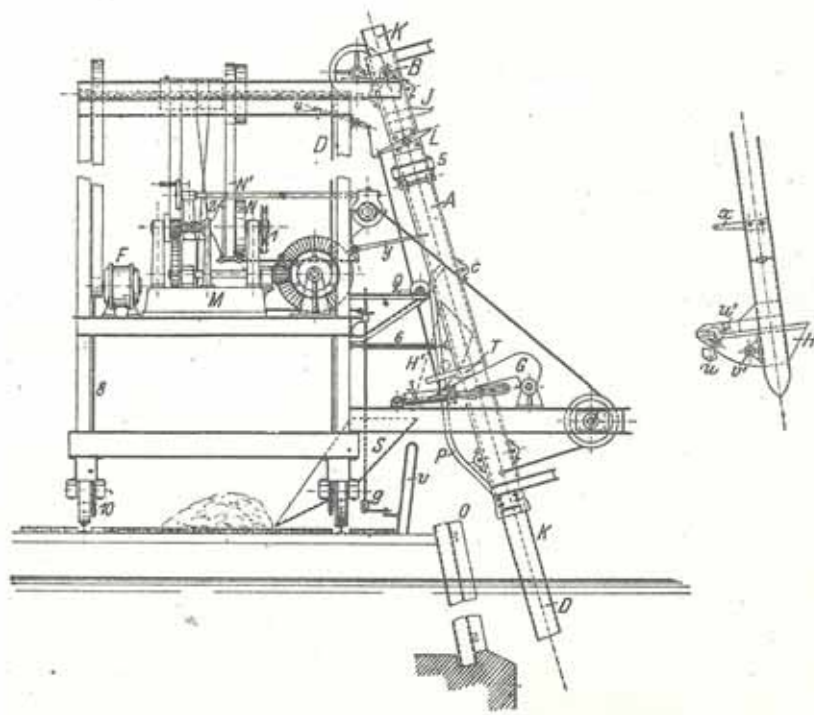


Bild 8: Rechenputzmaschine Chèvres
Aus "Die Wasserkräfte" [2]

Zum Betrieb (Abb. 974) (*hier: Bild 7*) sind drei Mann nötig, ein Wärter auf der Maschine, zwei Handlanger für die Überwachung der Rechentafel und das Ausladen der geförderten Schwemmsel.

Der Zeitbedarf für die Reinigung (eines 2 m breiten und 6 m hohen) Rechenfeldes ist 1 Minute (20" Abwärts-, 20" Aufwärtsbewegungen, 20" Umstellen der Maschine von einem Feld aufs nächste. Die Maschine hat im Sommer 1910 schon bis zu 185 cbm Schwemmsel in 24 Stunden entfernt. ... "

(Aus: "Die Wasserkräfte" [2])

Zur späteren klassischen Seilmaschine ist es nur mehr ein kleiner Schritt: die "Tasche" (= Harke) fährt nicht mehr in einem Führungsrahmen, sondern mit großen Laufrollen direkt auf dem Rechen. Mit einem dritten Seil (Kippseil) wird die Harke beim Abwärtsgang so um die Laufrollen gedreht, daß der Kamm vom Rechen abgehoben wird. In der untersten Stellung wird das Kippseil gelockert, die Harke dreht sich und fällt auf den Rechen. Der Aufwärtsgang = Reinigungsgang beginnt.

2 Heutiger Stand der Rechenreinigung

2.1 Typen - Übersicht

Im Lauf der Jahrzehnte wurden zahllose Typen von Rechenreinigungsmaschinen entwickelt, siehe dazu auch meinen Vortrag vom Jahr 2006 [5].

Bei mittleren Kraftwerken mit Putzlängen bis 20 m werden heute praktisch nur zwei Typen eingesetzt, die klassische Seilmaschine und die Baggermaschine, die erst in den letzten Jahren Bedeutung erlangt hat.

Großkraftwerke sind nach wie vor eine Domäne der Seilmaschinen.

2.2 Seil – Rechenreinigungsmaschine

Seit dem Beginn der Nutzung der Wasserkraft zur Stromerzeugung - also seit etwa 100 Jahren - wird dieser Typ verwendet.

Die Maschine besteht aus folgenden Hauptteilen:

- Maschinengestell mit Fahrwerk
- Windwerk mit Harke
- Rechengutspeicherung bzw. -entsorgung



Bild 9: Seil-Rechenreinigungsmaschine (KW Feistritz)

Wesentliches Merkmal dieser Maschinentype ist das gezahnte Kammblech der Harke. Die Zähne greifen beim Putzgang zwischen die Rechenstäbe ein. Damit können auch zwischen den Rechenstäben eingeklemmte Objekte entfernt werden. Auch Sulzeis kann mit dieser Harke entfernt werden.

Bei der Rechengutspeicherung gibt es sehr viele Ausführungen, die auch von den Möglichkeiten des Abtransportes beeinflusst werden. Als Beispiele seien genannt: integrierte Container (Pufferspeicher), mitfahrende Container, mitfahrende LKW, etc. Alle Möglichkeiten der Fördertechnik können genutzt werden.

Als Zubehör kann ein Ladekran mit Holz- oder Polypgreifer (Bild 9, ↑) zum Bergen von größeren Objekten montiert werden. Zum Wegschieben von Schwemmzeug werden absenkbare Schwemmgutrechen (Bild 9, →) verwendet.

Seilmaschinen können für nahezu beliebig tiefe Rechen /Putzlängen eingesetzt werden.

Die Putzlänge der RRM von Itaipu/Brasilien beträgt z.B. über 60 m.
Der Rechen muß um mehr als 10° gegen die Senkrechte geneigt sein.

2.3 Hydraulische Baggermaschine

Dieser Typ wird erst seit einigen Jahren für größere Rechen gebaut.

Die Maschine besteht aus folgenden Hauptteilen:

- Maschinengestell mit Fahrwerk
- Drehgestell mit Ausleger und Greiferharke



Bild 10: Hydraulische Baggermaschine (KW Leoben)

Die Maschine^{*)} hat einen drehbaren Oberwagen, um das Rechengut auch seitlich oder hinter der Fahrbahn der RRM abwerfen zu können.

Es wird in eine Grube oder einen Container abgeworfen und von dort entsorgt.

Die Greiferharke wird so ausgeführt, dass sie auch zum Bergen von größeren Objekten und zum Wegschieben von Schwemmzeug verwendet werden kann. Sie hat eine Streichleiste, die an den Rechenstäben entlang gleitet, aber nicht zwischen diese eingreift. Damit kann der Raum zwischen den Rechenstäben nicht gereinigt werden, auch die Entfernung von Sulzeis ist nicht möglich.

Schwemmzeug kann mit der (eventuell drehbaren) Greiferharke zum Wehr geschoben und gedriftet werden. Größere Baumstämme können meist geborgen werden, indem sie von der Greiferharke aufgenommen werden.

Die Putzlänge von Baggermaschinen ist aus heutiger Sicht aus wirtschaftlichen und architektonischen (Bauhöhe!) Gründen auf etwa 15 – 20 m begrenzt. Größere Putzlängen verlangen den Einsatz von Teleskop-Auslegern und führen zu einem enormen Maschinen-Gewicht.

^{*)} Derzeit übliche Ausführung

2.4 Technischer Aufwand (derzeit übliche Ausführungen)

Seil-RRM

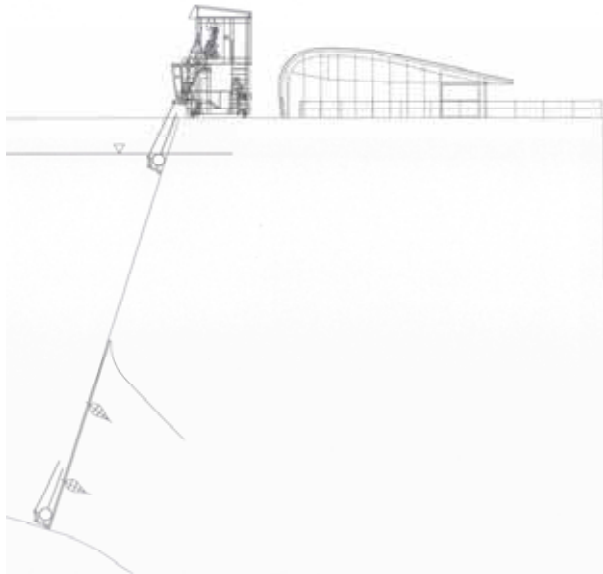


Bild 11: Seil-RRM, Putzlänge ca. 25 m

Bagger-RRM

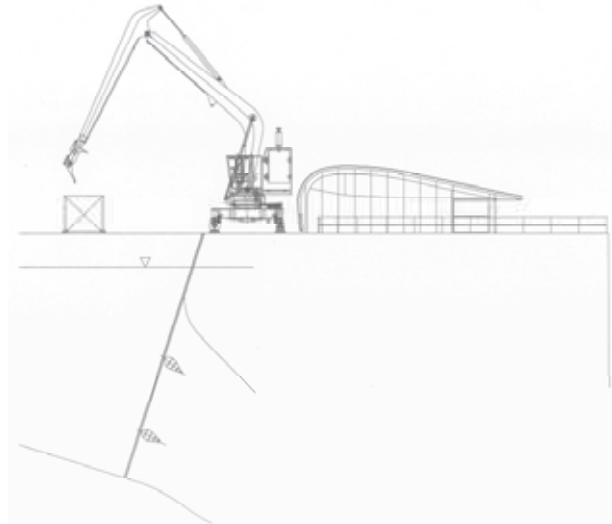


Bild 12: Bagger-RRM, Putzlänge ca. 16 m

Fahrwerk

elektrisch

elektrisch

Hubwerk

elektrische Seilwinde
Kippen der Harke hydraulisch

hydraulischer Ausleger
hydraulischer Stiel
hydraulische Harke

Kamm der Harke

Harkenzähne greifen zwischen
Rechenstäbe ein

Schabeleiste gleitet auf den
Rechenstäben, kein Eingriff
zwischen die Rechenstäbe

Elektrische Steuerung

ca. 10.000 Programmzeilen

ca. 15.000 Programmzeilen

Stellungserfassung Harke

1 Drehgeber
diverse Endschalter

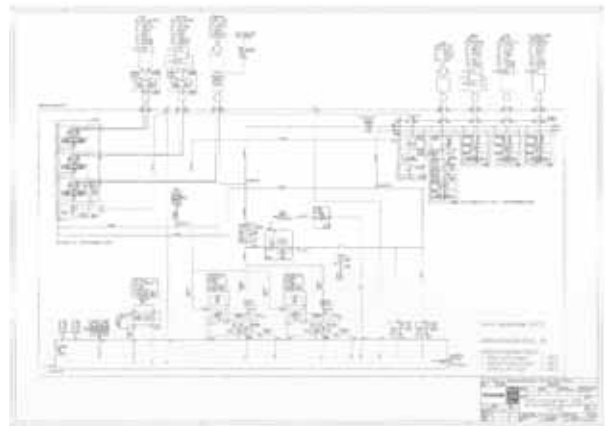
2 Wegaufnehmer (in Hydraulikzylindern)
diverse Druckschalter (min.) für Harke

Hydraulik

(Hydraulikpläne ungefähr gleicher Maßstab)



Hydraulikplan



Hydraulikplan

Hydraulikleitungen nicht unter Wasser

Hydraulikleitungen unter Wasser

nur für Kippwerk der Harke
nur einfache Ventile

für alle Bewegungen (außer Fahren)
nur Proportionalventile

Notbetrieb

leicht möglich

kaum möglich

Elektrische Leistung (beispielhaft)

Hubwerk: 22 kW
Fahrwerk: 2 x 4 kW

Hubwerk (Hydraulik): 45 kW (2x)
Fahrwerk: 4 x 2,2 kW

Zykluszeit

<< 5 min.

ca. 10 – 15 min. incl. Rangierzeit

Wartung, Instandhaltung

Mechaniker, Elektriker

Spezialisten für Hydraulik erforderlich

3. Zukunft der Rechenreinigung

Die Technik für beide Maschinentypen ist ausgereift.

Die vollständig ausgestattete Seil-RRM besteht aus der eigentlichen Rechenreinigungsmaschine und den Zusatzgeräten Ladekran (Serienprodukt!) mit Greifer und Schwemmgutrechen.

Die Zusatzgeräte können in Größe und Leistung ohne Kompromisse auf das Rechengut abgestimmt werden. Eine Nachrüstung ist jederzeit möglich.

Der Geräuschpegel der Seil-RRM ist relativ niedrig.

Die Bagger-RRM ist eine all-in-one Maschine, Ladekran und Schwemmgutrechen entfallen. Deren Funktionen muß die Greiferharke mit übernehmen.

Größe und Funktion der Harke muß bereits bei der Planung nicht nur an die Rechenreinigung, sondern auch an die Zusatzfunktionen angepasst werden. Dazu muß das Rechengut möglichst genau bekannt sein.

Ein niedriger Geräuschpegel ist nur mit großem Aufwand zu erreichen.

Wie alle anderen Betriebsmittel müssen auch Rechenreinigungsmaschinen wirtschaftlich sein.

Für die Wirtschaftlichkeit sind folgende Kriterien maßgeblich:

- Anschaffungspreis
- Lebensdauer
- Betriebskosten

Da der Preis nach wie vor ausschlaggebend ist, müssen die Anschaffungskosten für beide Maschinentypen etwa gleich sein.

Die Lebensdauer für Seil-RRM kann erfahrungsgemäß 80 Jahre und mehr erreichen. Der Autor war vor einigen Jahren an der Modernisierung und Automatisierung einer Seil-RRM Baujahr 1923 beteiligt [5]. Die Maschine wurde damals auch mit einem Ladekran ausgerüstet und ist nach wie vor in Betrieb, vollautomatisch, unbesetzt.

Für die Lebensdauer von Bagger-RRM liegen keine Erfahrungswerte vor, da Maschinen in der hier besprochenen Baugröße erst seit wenigen Jahren im Einsatz sind.

Die Betriebskosten hängen wesentlich von der erforderlichen Qualifikation und Anzahl des Wartungspersonals und der erforderlichen Verfügbarkeit der Maschine ab.

Freiprogrammierbare Steuerungen, wie sie heute für beide Maschinentypen fast ausschließlich eingesetzt werden, sind heute jedem Betriebselektriker vertraut. Die Anwendung für komplexe Bewegungsabläufe erfordert jedoch Erfahrung und Einfühlungsvermögen.

Die mechanischen und hydraulischen Komponenten einer Seil-RRM sind denkbar einfach und damit auch leicht zu warten. Spezielles Fachwissen ist nicht erforderlich. Für den Umgang mit den hoch entwickelten hydraulischen Steuerungen wie sie bei Bagger-RRM erforderlich sind, sind Spezialisten erforderlich, die in vielen Fällen erst

ausgebildet werden müssen, wenn nicht auf externe Fachleute zurückgegriffen werden soll.

Die Zukunft der beiden Typen hängt davon ab, ob und wie sie jeweils die Kriterien der Wirtschaftlichkeit erfüllen. Je nach Gewichtung der technischen Eigenschaften, des verfügbaren Betriebspersonals, der erforderlichen Verfügbarkeit (=Betriebssicherheit) und nicht zuletzt der persönlichen Vorliebe der Entscheidungsträger werden bis auf weiteres beide Maschinentypen zum Einsatz kommen.

Wenn – in vielleicht 20 Jahren – ausreichende Betriebserfahrungen auch mit der hydraulischen Bagger-RRM vorliegen, wird man sehen, welcher Maschine der Vorzug gegeben wird.

4. Zusammenfassung

Seit über 100 Jahren gibt es Maschinen zur Reinigung von Turbineneinlaufrechen. Bei Kraftwerken mittlerer Größe – Putzlänge 15 – 20 m – kommen heute sowohl Seil-RRM als auch Bagger-RRM zum Einsatz. Während für Seil-RRM auf inzwischen über hundertjährige Erfahrung zurückgegriffen werden kann, sind Bagger-RRM erst seit einigen Jahren in der hier behandelten Größe im Einsatz. Es wird noch viele Jahre dauern, bis auch für die Bagger-RRM die ausreichenden Betriebserfahrungen vorliegen, die für eine optimierte Konstruktion erforderlich sind.

Autor

Dipl.-Ing. Wolfgang Radhuber

Consulting Engineer/Ziviltechniker
Kranzmayerstraße 12
A-9020 Klagenfurt
Telefon: +43 463 23395
Telefax: +43 463 23395 4
email: wolfgang@radhuber.com
www.radhuber.com

Literaturverzeichnis

- [1] Meißner, G. Die Hydraulik, I. Band, II. Band Teil1 + Teil 2
Verlagsbuchhandlung Hermann Costenoble, Jena, 1 Auflage 1876,
2. Auflage 1894
- [2] Ludin, A., Die Wasserkräfte, I. + II. Band, Springer, 1913, Manuldruck 1922
- [3] Mattner, U. Wasser, Wehre und Turbinen, Beton-Verlag 1990,
ISBN 3-7640-0279-4
- [4]...Water Power, Oktober 1960
- [5] 14. Int. Seminar Wasserkraftanlagen, TU Wien 2006,
ISBN 3-9501937-2-3, S 189ff