

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Lindemann, S. B.

Konzept der AG Schleusenautomatisierung

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/101853>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Lindemann, S. B. (1998): Konzept der AG Schleusenautomatisierung. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Technische Möglichkeiten bei der Automatisierung von Schleusen und Wehren. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 5-17.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Konzept der AG Schleusenautomatisierung

Dipl.- Ing. S.-B. Lindemann

Bundesanstalt für Wasserbau, AK

- Automatisierungsgrad der Schleusen
- Bedienkonzept
- Kosten

KONZEPT DER ARBEITSGRUPPE SCHLEUSENAUTOMATISIERUNG

Automatisierungsgrad der Schleusen

Nach dem Vorschlag der AG Schleusenautomatisierung, der per Erlaß als Richtlinie für alle weiteren Schleusenautomatisierungsvorhaben in der WSV eingeführt ist, wird es künftig nur noch 6 Arten der Schleusenbedienung an Bundeswasserstraßen geben, den

- Typ 1 Bedienung durch Schichtleiter vor Ort
 Typ 2 Fernbedienung durch Schichtleiter
 Typ 3.1 Selbstbedienung, halbautomatisch, ohne Fernüberwachung
 Typ 3.2 Selbstbedienung, halbautomatisch, mit Fernüberwachung
 Typ 3.3 Selbstbedienung, manuell, ohne Fernüberwachung
 Typ 4 Automatischer Betrieb

Eine numerische Aufschlüsselung über den Automatisierungsgrad der Schleusen zeigt die Tabelle 1, in der neben Deutschland auch die Nachbarländer Niederlande, Frankreich und Großbritannien dargestellt sind.

| Automatisierungstypen | Deutschland 1.) | | | Frankreich | | | Großbritannien | | | Niederlande | | |
|-----------------------------|-----------------|------------|------------|------------|-------------|----------|----------------|------------|-------------|-------------|------------|-----------|
| | P | M | F | P | M | F | P | M | F | P | M | F |
| 1 | 37 | 349 | 9 | 5 | 422 | 3 | 2 | 45 | 4 | 0 | 139 | 20 |
| 1.3 2.) | 1 | 7 | 68 | 0 | 870 | 0 | - | - | - | 0 | 34 | 25 |
| 2 | - | - | - | 0 | 10 | 2 | - | - | - | 0 | 4 | 2 |
| 3.1 + 3.2 | 0 | 8 3.) | 49 | 0 | 472 | 1 | 0 | 50 | 6 | 0 | 1 | 10 |
| 3 | 0 | 59 4.) | 13 | 0 | 113 | 0 | 0 | 60 | 1417 | - | - | - |
| 3.3 | 0 | 59 4.) | 13 | 0 | 113 | 0 | 0 | 60 | 1417 | - | - | - |
| 4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 1 | 0 |
| Anzahl der Schleusen | 38 | 423 | 139 | 5 | 1887 | 6 | 2 | 155 | 1481 | 0 | 179 | 57 |
| | 600 | | | 1898 | | | 1638 | | | 236 | | |

1.) WSV und Bundesländer

2.) 1.3 manuell durch Wärter bediente Schleusen.

3.) 5 Landesschleusen + 3 Fuldasl.

Tabelle 1: Stand der Automatisierung (1995)

Die Buchstaben P, M und F im Kopf der Tabelle kennzeichnen die Nutzerstruktur der Schleusen, wobei P für eine reine Berufsschiffahrtsschleuse, M für eine Nutzung durch

Berufs- und Freizeitschiffahrt und F für Freizeitschiffahrt/Sportschiffahrt steht. Ferner mußte zusätzlich der Typ 1.3, die manuell durch Wärter bediente Schleuse, eingeführt werden, die es aber in der WSV künftig wohl nur noch in dem Bereich F geben wird, aber in Frankreich derzeit noch von großer Bedeutung ist.

Fernbediente Schleusen, d.h. den Typ 2, gibt es danach bereits in Frankreich und in den Niederlanden, wobei in beiden Ländern interessanterweise auch Schleusen mit reiner Freizeitnutzung fernbedient werden.

Bei den Selbstbedienungsschleusen ist eine Zuordnung zu den Typen 3.1 und 3.2 aufgrund der Art der Erhebungen nicht möglich, sie sind dementsprechend als Summe dargestellt. Interessant scheint die Feststellung, daß 25 % der französischen Schleusen dem Typ 3.1 und 3.2 zuzuordnen sind. Bei dem Typ 3.3 fällt der hohe Anteil in Großbritannien auf. Fast 90% der Schleusen sind diesem Typ zuzuordnen.

Man sollte diese Tabelle nutzen, um Trends zu erkennen, ohne hieraus abschließende Vergleiche über den Automatisierungsgrad in den einzelnen Ländern ableiten zu wollen, denn es ist für den Betrachter nicht erkennbar, welche Schleusen des Typs 1 zweckmäßigerweise den Typen 2, 3.1 oder 3.2 zuzuordnen sind. Für den Bereich der WSV ist dies zuverlässiger darzustellen.

| Automatisierungstypen | WSV-Schleusen | | Planungen der WSD'n 97 |
|-----------------------|---------------|--------------|---------------------------|
| | Stand 95 | Prognose 96 | |
| Typ 1 | 456 | 109 | 174 |
| Typ 2 | - | 185 (209) 1) | 204 (211) 1) |
| Typ 3.1 | 3 | 38 | 19 |
| Typ 3.2 | - | 81 | 43 |
| Typ 3.3 | 20 | 65 | 39 |
| Typ 4 | - | 1 | - |
| Anzahl der Schleusen | 479 | | |

1.) im Nachtbetrieb

Tabelle 2: Entwicklung der Automatisierung im Bereich der WSV

Wie aus der Tabelle "Entwicklung der Automatisierung im Bereich der WSV" ersichtlich, waren im Jahr 1995 rd. 95 % der Schleusen dem Typ 1 "Bedienung durch Schichtleiter vor Ort" zuzuordnen. Bei den 3 Schleusen des Typ 3.1 handelt es sich um die Fulda-Schleusen

Wahnhausen
Wilhelmshausen und
Bonaforth.

Eine erste Prognose des BMV im Jahr 1996 über die Entwicklung der Schleusenautomatisierung im Bereich der WSV ließ eine Verringerung des Anteils der Typ 1 - Schleusen auf etwa 23 % erwarten und wies einen deutlichen Trend zu den Automatisierungstypen 2 und 3.2 aus. Die 209 in Klammern mit Index 1 bei dem Typ 2 berücksichtigt die Schleusen, die am Tage als Typ 1 - Schleuse und nachts als Typ 2 - Schleuse bedient werden. In der letzten Spalte der Tabelle sind die Planungen der WSD'n mit Stand Ende 1997 dargestellt. Der in der Prognose des BMV dargestellte Trend vom Automatisierungstyp 1 als Standardschleuse der WSV hin zu den Typen 2 und 3.2 ist durch die Planungen der WSD'n im wesentlichen bestätigt worden. Dementsprechend wird in den nächsten Jahren die Anpassung bestehender Schleusen an diese beiden Automatisierungstypen eine der Hauptaufgaben des Landanlagenbereiches des Maschinenwesens sein.

Bedienkonzept

Wie bereits ausgeführt, wird es künftig nur noch die in Tabelle 1 dargestellten 6 Arten der Schleusen-bedienung an Bundeswasserstraßen geben.

Der Typ 1 "Bedienung durch Schichtleiter vor Ort" stellt den IST-Zustand dar und bedarf dementsprechend keiner weiteren Erläuterung. Der Typ 2 "Fernbedienung durch Schichtleiter" ist in anderen Ländern bereits realisiert worden. Wesentlich an dieser Bedienart ist, daß der Schichtleiter von einem abgesetzten Ort nur durch technische Hilfsmittel unterstützt die Schleusung durchführt. Hierbei wird davon ausgegangen, daß durch eine Verschachtelung der Prozesse 1 Schichtleiter gleichzeitig 2 Schleusen bedienen kann und ihm bei einem entsprechenden Auslastungsgrad I/C bis zu 4 Schleusen einer Schleusenkette zur Bedienung zugeordnet werden können. Aus der Anzahl der Schleusen dividiert durch die Anzahl der dem einzelnen Schichtleiter zugeordneten Schleusen, errechnet sich die Anzahl der Bedienplätze. Bei einer zweckmäßigen Anordnung und Bemessung des Fernüberwachungsbedienstandes ermöglicht der Automatisierungstyp 2 eine flexible Anpassung an veränderliche Verkehrsströme. Es wird hierbei an den Tag- und Nachtverkehr und eine dem jeweiligen Verkehrsstrom angepaßte personelle Besetzung der Zentrale gedacht. Von wesentlichem Einfluß auf die Bemessung des Fernüberwachungsbedienstandes sind die zur Verfügung stehenden Übertragungswege für die Bildübertragung, das Fernwirken, die Weiterleitung von Störmeldungen und den Sprechverkehr. Bei der Verwendung von WF-Kabeln als Übertragungswege bestimmt die Anzahl der freien Adern die mögliche Anzahl der PCM 30-Strecken und damit die Anzahl der Schleusen, die maximal an eine Fernüberwachungszentrale anzuschließen sind.

Bei den Selbstbedienungsschleusen

| | |
|---------|--|
| Typ 3.1 | Selbstbedienung, halbautomatisch, ohne Fernüberwachung |
| Typ 3.2 | Selbstbedienung, halbautomatisch, mit Fernüberwachung |
| Typ 3.3 | Selbstbedienung, manuell, ohne Fernüberwachung |

wird der Nutzer durch geeignete technische Hilfsmittel und Kontrollmechanismen unterstützt, wobei die Schleusen gegen Fehlbedienungen gesichert sind. Auf Informationstafeln sind für den Nutzer die erforderlichen Bedienhandlungen und der Schleusungsablauf dargestellt. Der Typ 3.3 stellt den IST-Zustand dar, zu diesem Typ werden alle Schleusen mit maschinellen Einzelantrieben, die vor Ort zu betätigen sind, so wie die von Muskelkraft betriebenen Schleusen gezählt.

Die Typen 3.1 und 3.2 stellen sich für den Nutzer hinsichtlich der erforderlichen Bedienhandlungen als gleich dar. Der technologische Ablauf und die erforderlichen Bedienhandlungen sind am Beispiel des Typ 3.2 in dem Beitrag von Herrn Pröger dargestellt, so daß sich hier auf die wesentlichen Unterschiede zwischen den beiden Automatisierungstypen beschränkt werden kann. Bei beiden Automatisierungstypen kann in Notfällen vom Nutzer das Schleusen-Halt ausgelöst werden, dessen Betätigung das Schließen der Schützen bewirkt und das Öffnen bzw. Schließen der Tore stoppt.

Beim Typ 3.2 wird das Schleusen-Halt ebenso wie Störungen automatisch in der Fernüberwachungszentrale gemeldet und die Reaktivierung der Schleusensteuerung kann nach Rücksprache mit dem Nutzer von der Zentrale aus vorgenommen werden. Bei dem Typ 3.1 wird von dem Nutzer erwartet, daß er das Auslösen des "Schleusen-Halt" ebenso wie Störungen über die Notrufsäule an die Notrufstelle meldet, die den Störtrupp alarmiert. Die Störungsbeseitigung und die Reaktivierung der Schleusensteuerung erfolgt dann durch den Störtrupp.

Der Typ 4 ist eine vollautomatische Schleuse, bei der Anforderung und Schleusung ereignis- oder zeitgesteuert ohne Aktivität des Nutzers erfolgt.

Bei den ereignisgesteuerten Schleusen befindet sich die Schleuse bis zum Zeitpunkt der Anforderung durch die Erfassungssensorik in Ruhestellung. Die Sensorik bewirkt die Aktivierung der Steuerung und Herstellung der Schleusenbereitschaft. Bei zeitgesteuerten Schleusen wiederholt sich der Schleusungsvorgang in festgelegten Intervallen.

Nach der kurzen Beschreibung der Automatisierungstypen soll nun die Frage geklärt werden, welcher Typ für welchen Wasserstraßenabschnitt die zweckmäßigste Lösung darstellt. Die AG hat in dem Schlußbericht die

- Nutzerstruktur
- Verkehrsauslastung
- Kammerabmessung
- Turbulenzen

als Entscheidungskriterien zugrunde gelegt.

In der Tabelle 3 wurden nun die "Wasserstraßentypen" aus dem Schlußbericht nach dem Kriterium "Nutzerstruktur" umgestellt.

| Automatisierungstyp | Professionelle Nutzung | Mischnutzung | Freizeitnutzung | Freizeitnutzung |
|---------------------|------------------------|--------------|-----------------|-----------------|
| 1 | x | x | | |
| 2 | x | x | | |
| 3.1 | x | x | x | x |
| 3.2 | x | x | x | x |
| 3.3 | | | x | x |
| 4 | | | x | x |

Verkehrsbelastung:

hoch $I/C > 0,4$
 mittel $I/C > 0,2$
 niedrig $I/C > 0,2$

Auslastungsgrad : $\frac{I}{C} = \frac{\text{durchschnittl. Anzahl der Schiffe pro Jahr und Richtung}}{\text{theor. Leistungsfähigkeit der Schleusengruppe}}$

Tabelle 3: Wasserstraßentypen

Dabei zeigt sich, daß für Schleusen mit professioneller und Mischnutzung nur die Automatisierungstypen 1 bis 3.2 und Schleusen mit einer Freizeitnutzung die Typen 3.1 bis 4 in Frage kommen. Die Entscheidung, welcher der jeweils 4 Automatisierungstypen für den einzelnen Wasserstraßenabschnitt zutrifft, ist unter Berücksichtigung der anderen 3 genannten Kriterien aus der Tabelle "Wasserstraßentypen" des Schlußberichtes ablesbar. Sie sollte immer für Wasserstraßenabschnitte und nicht für einzelne Schleusen erfolgen.

Grundsätzlich kann gesagt werden, daß Schleusengruppen mit einer hohen Verkehrsbelastung und professioneller bzw. Mischnutzung dem Typ 1 zuzordnen sind.

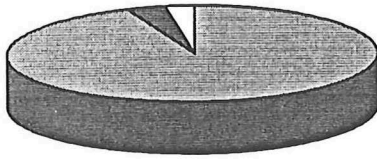
Die Einführung der Automatisierungstypen erfolgt mit dem Ziel, der Schifffahrt ein verbessertes Leistungsangebot zu unterbreiten, d. h. längere Betriebszeiten bei Reduzierung der Kosten unter Einhaltung des bisherigen Sicherheitsstandards anzubieten.

Die Fragestellung, wie sicher sind unsere Schleusen, wurde von der AG "Schleusenautomatisierung" an dem Unfallgeschehen in den Jahren 1988 - 1993 bei den WSD'n West, Südwest und Süd untersucht. Hierzu wurden die Fehlerursachen von 598 Schleusenunfällen ermittelt.

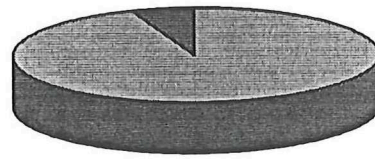
Technik Schleuse
2,5 %

Bedienung
Schleuse 3, 4%

Bedienung Schleuse
5, 6 %



Schiff/Schiffsführung 94,1 %
(davon: Festmachen 16,3 %)



Schiff/Schiffsführung 94,4 %
(davon: Schraubenstrahl 42,0 %
davon: Festmachen 33,3 %)

Bild 1: Unfallgeschehen

Wie aus dem Bild 1 ersichtlich, liegt der Anteil an dem Gesamtunfallgeschehen der der WSV anzulasten ist, bei 5,9 %, von denen 2,5 % der Technik, d. h. Fehlfunktionen der Steuerungs- und Maschinenanlagen zuzuordnen sind. 94,1 % sind der Relation Schiff/Schiffsführung anzulasten, wobei die häufigsten Unfallursachen im Schiff selbst und im Fehlverhalten der Schiffsführung liegen. Zu den häufigsten Fehlern der Schiffsführung zählen das mangelhafte Festmachen der Fahrzeuge mit 16,3 % und der Schraubenstrahl der Berufsschiffahrt bei einer Mischnutzung der Schleuse mit 42 % der Unfälle mit Sportbootbeteiligung. Die Unfallursache Schraubenstrahl tritt durch zu großen Wellenschlag ein, der entweder bei der Ausfahrt der Fahrzeuge oder durch das Laufenlassen der Schraube während der Schleusung erzeugt wird. Im Rahmen der in diesem Zusammenhang vorgenommenen Sicherheitsbetrachtungen wurden die Gefahrenbereiche einer Schleuse wie im Bild 2 zu sehen, folgendermaßen definiert,

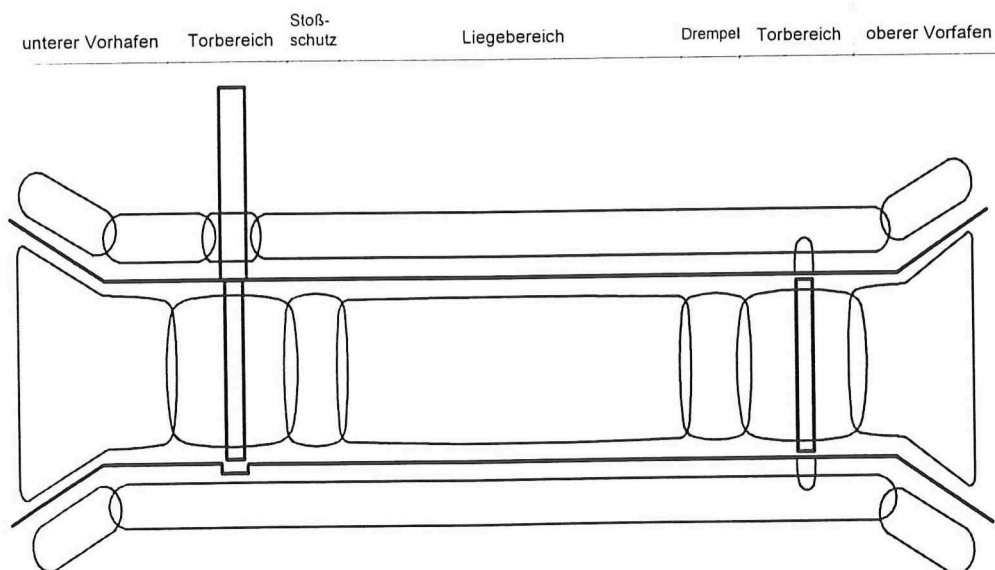


Bild 2: Gefahrenbereiche an Schleusen

wobei als besonders kritische Bereiche der Drempel- und die Torbereiche erkannt wurden. Zur Gefahrenbereichsüberwachung wurde durch die AG für die einzelnen Automatisierungstypen eine Mindestausstattung an Kameras, Sensorik sowie Schleuse-Halt-Schaltern festgelegt.

| Lfd-Nr. | Bereiche | Typ 1 | | | Typ 2 | | | Typ 3.1 | | | Typ 3.2 | | | Typ 4 | | |
|---------|------------------|----------|---|----|----------|----------|----|---------|----------|----|---------|----------|----|----------|----------|----|
| | | K | S | SH | K | S | SH | K | S | SH | K | S | SH | S | S | SK |
| 1 | Unterer Vorhafen | 0 1.) | - | - | x 1.) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | x 3.) | - |
| 2 | Torbereich | 0 | - | - | x | (x) | - | - | x | - | - | x | - | x | x | - |
| 3 | Stoßschutz | 0 | - | - | 0 2.) | 0 2.) | - | - | 0 2.) | - | - | 0 2.) | - | 0 2.) | 0 2.) | - |
| 4 | Kammer | 0 | - | - | x | - | - | - | x | - | - | x | - | - | x | |
| 5 | Drempel | 0 | - | - | 0 | 0 | - | - | 0 | - | - | 0 | - | 0 | 0 | - |
| 6 | Torbereich | 0 | - | - | x | (x) | - | - | x | - | - | x | - | x | x | - |
| 7 | Oberer Vorhafen | 0 1.) | - | - | x 1.) | - | - | - | - | - | - | - | - | - | x 3.) | - |
| 8 | Gesamtanlage | - | - | - | - | - | - | - | - | - | x | - | - | - | - | - |

(x) alternativ/ergänzend

0= bei Bedarf, in Abhängigkeit von der Konstruktion

1.) nur aus betrieblichen Gründen

2.) Verriegelungsbedingungen für Steuerungsablauf

3.) Anforderungssensorik, nur aus betrieblichen Gründen

K Kamera

S Sensorik

SH Schleuse "Halt"

Tabelle 4: Gefahrenbereichsüberwachung an Schleusenanlagen

Bei dem Typ 1 wurde eine Kamera-Überwachung der Gefahrenbereiche als ausreichend erachtet, wobei die Anzahl der Kameras für eine Regelschleuse in Abhängigkeit von der Konstruktion mit max. 7 Stück festgelegt wurde. Für den Typ 2 wurden 5 Kameras in Ansatz gebracht, von denen 3 Kameras der Gefahrenbereichsüberwachung dienen und 2 aus betrieblichen Gründen vorgesehen sind.

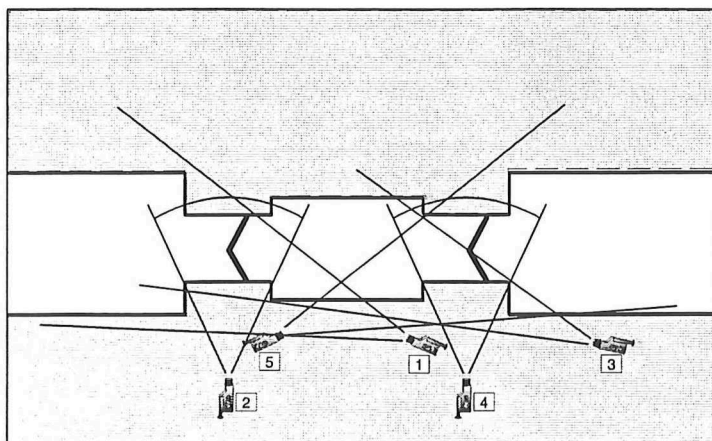


Bild 3: Kamerapositionen für Automatisierungstyp 2

Die bereits eingangs erwähnte PIANIC-Arbeitsgruppe hat sich mit dem gleichen Problem befaßt und schlägt für den Typ 2 ebenfalls den Einsatz von 5 Überwachungskameras vor, die wie auf dem Bild 3 dargestellt, den Blick auf die Schleusenkommer, beide Vorhäfen und die Torbereiche freigeben. Vorhandene bewegliche Stoßschutzanlagen sind bei allen Automatisierungstypen als Verriegelungsbedingungen in den Steuerungsablauf einzubinden.

Bei den Automatisierungstypen 3.1, 3.2 und 4 ist zur Gefahrenbereichsüberwachung an den als kritisch erkannten Drempel- und Torbereichen Sensorik einzusetzen. Hierfür stehen derzeit ein französischer Mikrowellensensor und der Laser-Scanner der Fa. Sick zur Verfügung.

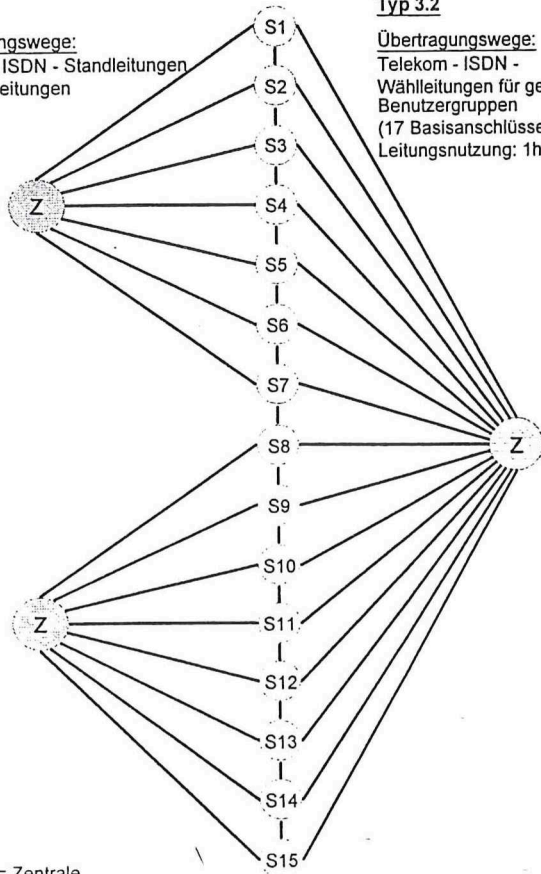
Kosten

Abschließend werden die Kosten der verschiedenen Automatisierungstypen verglichen. Grundlage der Kostenrechnung sind folgende Annahmen

- Annahmen:**
- Schleusenkette mit 15 Einzelschleusen in 7,5 km Abstand
 - 1 Schichtbetrieb
 - Zentrale in dem Betriebsgebäude einer Schleuse

Typ 2

Übertragungswege:
Telekom - ISDN - Standleitungen
(13 Standleitungen)



Z = Zentrale

Typ 3.2

Übertragungswege:
Telekom - ISDN -
Wählleitungen für geschlossene
Benutzergruppen
(17 Basisanschlüsse)
Leitungsnutzung: 1h / pro Tag

Bild 4: Annahmen für die Kostenrechnung

Als Investitionskosten für die einzelnen Automatisierungstypen wurden die Ansätze der AG Schleusenautomatisierung zugrunde gelegt und lediglich auf die 15 Schleusen und die entsprechende Anzahl an Zentralen umgerechnet. Der Typ 1 ist in dieser Tabelle nicht enthalten, da er den IST-Zustand und Referenzfall für den Kostenvergleich darstellt. Bei dem Typ 2 sind 4 Bedienplätze, d. h. 2 Bedienplätze pro Zentrale kostenmäßig berücksichtigt.

Unter Verkabelung sind die Jahreskosten für die Übertragungswege ausgewiesen. Sie beinhalten ISDN-Wählleitungen für geschlossene Benutzergruppen mit 17 Basisanschlüssen bei dem Typ 3.2 und 13 ISDN-Standleitungen bei dem Typ 2. Hierbei wurde davon ausgegangen, daß sich die Zentrale auf dem Betriebsgelände einer Schleuse befindet und die vorhandenen Kabel für die dazugehörige Schleuse genutzt werden können.

| Maßnahmen | Investitionskosten in TDM | | | | | | | |
|--|---------------------------|--------------------|--------------|--------------|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| | Typ 2 (2 Zentrale) | | Typ 3.1 | | Typ 3.2 (1 Zentrale) | | Typ 4 | |
| | pro Schleuse | insgesamt | pro Schleuse | insgesamt | pro Schleuse | insgesamt | pro Schleuse | insgesamt |
| 1. Anpassung der elektrotechn. Ausrüstung auf der Schleuse | 250 | 3.750 | 205 | 3.075 | 240 | 3.600 | 180 | 2.700 |
| 2. Überwachung, Kommunikation, Schleuse | 110 | 1.650 | 30 | 450 | 50 | 750 | 70 | 1.050 |
| Bedienung Zentrale | 100 | 400 ^{1.)} | - | - | 100 | 100 | - | - |
| 3. Energieversorgung | | | | | | | | |
| Schleuse | 5 | 75 | - | - | - | - | - | - |
| Zentrale | - | 400 | - | - | 5 | 5 | - | - |
| 4. Software | | | | | | | | |
| Schleuse | 20 | 300 | 20 | 300 | 20 | 300 | 20 | 300 |
| Zentrale | 70 | 100 | - | - | 20 | 20 | - | - |
| Summe | | 6.675 | | 3.825 | | 4.775 | | 4.050 |
| 5. Verkabelung -Wählleitung für geschl. Benutzer (17 BA) | - | - | - | - | - | 42 | - | - |
| ISDN- Standleitung (13) | - | 203 | - | - | - | - | - | - |

1.) 4 Bedienplätze

Tabelle 5: Investitionskosten

| Kostenarten | Kosten TDM | | | | |
|---|--------------|--------------|------------|--------------|------------|
| | Typ 1 | Typ 2 | Typ 3.1 | Typ 3.2 | Typ 4 |
| Kapitalkosten | - | 710 | 407 | 508 | 431 |
| Datenübertragung | - | 203 | - | 42 | - |
| Personalkosten <u>Bedienung</u> | 2.541 | 711 | 0 | 203 | 0 |
| 15 % v. 1) für Wartungs- u. Störungsbeseitigung | - | 274 | 381 | 351 | 381 |
| Verlängerte Kreuzungsschl. 2.) | - | 126 | 126 | 126 | 126 |
| Jahreskosten | 2.541 | 2.024 | 914 | 1.230 | 938 |

| | | | | | |
|-----------------------------|---|-------|-------|-------|-------|
| Personalkostenersparnis 1.) | - | 1.829 | 2.541 | 2.338 | 2.541 |
|-----------------------------|---|-------|-------|-------|-------|

2.) 8400 DM pro Jahr und Schleuse

Tabelle 6: Jahreskosten

Bei diesen Ansätzen errechnen sich folgende Jahreskosten für die einzelnen Automatisierungstypen.

| | |
|---------|--------------|
| Typ 1 | 2,541 Mio DM |
| Typ 2 | 2,024 Mio DM |
| Typ 3.1 | 0,914 Mio DM |
| Typ 3.2 | 1,230 Mio DM |
| Typ 4 | 0,938 Mio DM |

Die Kapitalkosten wurden nach der Barwertmethode ermittelt, wobei die Investitionskosten auf 15 Jahre einheitlich abdiskontiert wurden.

Die Jahreskosten für die Datenübertragung sind aus Tabelle 5 ersichtlich. Die Personalkosten und die volkswirtschaftlichen Kosten für eine verlängerte Kreuzungsschleuse entsprechen den Ansätzen der AG Schleusenautomatisierung. In diesem Vergleich wurden für den Typ 1 nur die Personalkosten in Ansatz gebracht, die mit 1,7 Mann pro Schicht und Schleuse von der AG festgelegt wurden.

Die Kosten für Wartung und Störungsbeseitigung sind bei den Automatisierungstypen mit 15 % der Personalkostenersparnis in Anrechnung gebracht wurden. Der prozentuale Jahreskostenvergleich lässt sich damit wie folgt darstellen:

Vergleich der Jahreskosten in Prozent

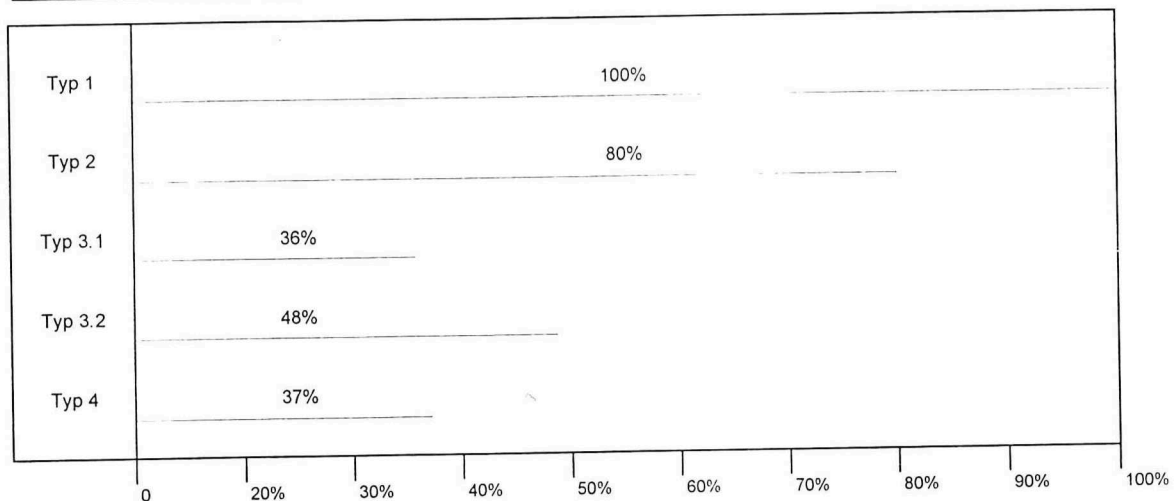


Bild 5: Vergleich der Jahreskosten in Prozent

Bei den Jahreskosten der Automatisierungstypen 2 und 3.2 haben sich die Kosten für die Übertragungswege durch eine zwischenzeitliche Preissenkung der Telekom geringfügig verringert.

Eine interessante Alternative zu den ISDN-Standleitungen als Übertragungswege bei dem Typ 2 bietet die Einrichtung von PCM 30-Strecken. Für die 15 Schleusen und 2 Zentralen sind bei dieser Variante 3 PCM 30 Strecken vorzuhalten. Bei einem vorhandenen WF-Kabel und der entsprechenden Anzahl freier Adern ist ein Investitionsaufwand für die Einrichtungen der 3 PCM 30-Strecken von 632.000,- DM für 19 Regeneratoren und 16 Endstellen erforderlich. Bei einer angenommenen Nutzungsdauer von 30 Jahren betragen die Kapitalkosten für die PCM 30-Strecken pro Jahr 48,40 TDM. Bei Ansatz von 1 % der Investitionskosten als Unterhaltungskosten erhöhen sich die Jahreskosten auf rd. 55 TDM für die Übertragungswege. Bei Ansatz dieser Jahreskosten für Übertragungswege in der Vergleichsrechnung reduzieren sich die Gesamt-Jahreskosten des Typ 2 auf rd. 74 % der Jahreskosten des Typ 1.