

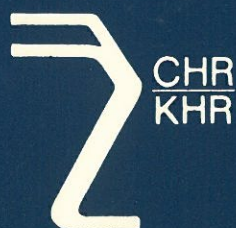
Commission internationale de l'Hydrologie du bassin du Rhin

Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes

**Influence de l'étalonnage des moulinets hydrométriques sur l'incertitude des déterminations de débit
Résultats d'une étude comparative**

**Einfluß der Kalibrierung hydrometrischer Meßflügel
auf die Unsicherheit der Abflußermittlung
Ergebnisse eines Ringversuchs**

W. Teuber



**Rapport no. I-6 de la CHR
Bericht Nr. I-6 der KHR**

Commission internationale de l'Hydrologie du bassin du Rhin

Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes

Influence de l'étalonnage des moulinets hydrométriques sur l'incertitude des déterminations de débit
Résultats d'une étude comparative

Einfluß der Kalibrierung hydrometrischer Meßflügel
auf die Unsicherheit der Abflußermittlung
Ergebnisse eines Ringversuchs

W. Teuber, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz



Secretariaat CHR | KHR
Maerlant 4-6

Postbus 17
8200 AA Lelystad
Pays-Bas | Niederlande

Rapport no. I-6 de la CHR
Bericht Nr. I-6 der KHR

Langue originale: allemand
Originalsprache: Deutsch

© 1987, CHR/KHR
ISBN 90-70980-05-3

Invloed van de ijking van snelheidsmolentjes op de nauwkeurigheid van afvoerbepalingen

Nederlandstalige gedeelten:

Samenvatting en aanbevelingen: blz. 59

Bijzonderheden CHR: blz. 66

Influence of the calibration of current meters on the accuracy of discharge measurements

English texts:

Summary and recommendations: p. 59

Particulars CHR: p. 66

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Teuber, W.

Influence de l'étalonnage des moulinets hydrométriques sur l'incertitude de déterminations de débit : résultats d'une étude comparative = Einfluß der Kalibrierung hydrometrischer Meßflügel auf die Unsicherheit der Abflußermittlung : Ergebnisse eines Ringversuchs / W. Teuber. – Lelystad : CHR/KHR. – Ill., graf., tab. – (Rapport de la CHR = Bericht der KHR ; no. I-6)

Tekst in het Frans en Duits. – Met lit. opg.

ISBN 90-70980-05-3

SISO 568.2 UDC 556.53(282.243.1)

Trefw.: hydrologie ; Rijn.

Préface

Un des principaux objectifs au programme de la Décennie Hydrologique Internationale (DHI), conduite de 1965 à 1974 par l'UNESCO, était d'améliorer la coopération internationale à l'échelle régionale, dans le domaine de l'hydrologie. Dans le cadre de ce programme, les comités nationaux des états riverains du Rhin fondèrent en 1970 la »Commission internationale de l'Hydrologie du bassin du Rhin« (CHR). En 1978, comme premier résultat des travaux de la CHR, une très complète »Monographie hydrologique« a été publiée et depuis lors, la CHR s'est consacrée à des problèmes hydrologiques, choisis principalement dans le but d'améliorer l'échange d'information et de données au travers des frontières des états membres.

Un des projets de la CHR concerne la standardisation des paramètres et des mesures hydrologiques, ainsi que des méthodes de calcul. A cet effet, fut fondé un groupe de travail »Standardisation et traitement des données« devant traiter quelques-unes des questions encore ouvertes dans ce domaine. Parmi ces questions ouvertes, on trouve la discussion des sources d'incertitude affectant le jaugeage des cours d'eau et la détermination continue des débits. L'une des sources d'incertitude affectant les jaugeages réside dans le calibrage des moulinets hydrométriques.

Le rapport contient le résultat d'une étude comparative conduite d'août 1984 à août 1985 et visant à calibrer les mêmes moulinets, à tour de rôle, dans cinq installations d'étalonnage des pays riverains suivants: Suisse, Autriche, République fédérale d'Allemagne et Pays-Bas.

Cette enquête devait permettre d'estimer dans quelle mesure les étalonnages des divers instituts sont comparables entre eux, d'évaluer l'influence de l'étalonnage des moulinets sur l'incertitude affectant les jaugeages et ainsi finalement de juger de la fiabilité même des données de débit.

Au cours d'une réunion dans le cadre du groupe de travail de la CHR, à Berne/Suisse, en mai 1986, les représentants des Services d'étalonnage discutèrent les résultats de l'étude et échangèrent des informations sur la question. De nombreuses propositions d'amélioration ou suggestions pour de nouveaux développements furent examinées en commun et il faut s'attendre à ce que quelques-unes des incertitudes, mises en évidence par cette enquête, soient atténuées à l'avenir.

J. van Malde
Président de la CHR

Vorwort

Ein Schwerpunkt des Programms der in den Jahren 1965 bis 1974 von der UNESCO durchgeführten Internationalen Hydrologischen Dekade (IHD) galt der Verbesserung der regionalen internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Hydrologie. Im Rahmen dieses Programms wurde im Jahre 1970 von den nationalen Komitees der Rheinanliegerstaaten die »Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes« (KHR) gegründet. Als erstes Ergebnis der Arbeiten der KHR wurde im Jahre 1978 eine umfangreiche hydrologische Monographie veröffentlicht; seitdem hat die KHR sich ausgewählten hydrologischen Problemen gewidmet, um vor allem den Informations- und Datenaustausch über die Landesgrenzen der mitarbeitenden Länder hinweg zu verbessern.

Ein Projekt der KHR gilt der Standardisierung von hydrologischen Parametern, hydrologischen Messungen und Berechnungsverfahren. Es wurde daher eine Arbeitsgruppe »Standardisierung und Verarbeitung der Daten« eingerichtet, welche sich mit einigen offenen Fragen aus diesem Aufgabenbereich befaßt. Dazu gehört die Diskussion von Unsicherheitsquellen der Abflußmessung und der kontinuierlichen Abflußermittlung. Eine der Unsicherheitsquellen der Abflußmessung ist die Kalibrierung von hydrometrischen Meßflügeln.

Der Bericht enthält die Ergebnisse eines Ringversuchs zur Kalibrierung hydrometrischer Meßflügel, der im Zeitraum von August 1984 bis August 1985 bei insgesamt fünf Kalibrierinstituten der Rheinanliegerstaaten Schweiz, Österreich, Bundesrepublik Deutschland und Niederlande durchgeführt wurde.

Mit diesem Ringversuch sollte die Vergleichbarkeit der Kalibrierergebnisse verschiedener Kalibrierinstitute untersucht sowie der Einfluß der Kalibrierung auf die Unsicherheit von Abflußmessungen und damit auf die Zuverlässigkeit der Abflußdaten beurteilt werden.

Bei einem Workshop der KHR-Arbeitsgruppe im Mai 1986 in Bern/Schweiz trafen sich Vertreter der beteiligten Kalibrierinstitute zur Diskussion des Ringversuches und zur gegenseitigen Information über Fragen der Flügelkalibrierung. Zahlreiche Anregungen für Verbesserungen und Neuentwicklungen wurden dabei ausgetauscht. Es ist zu erwarten, daß einige der im Ringversuch festgestellten Unsicherheiten in Zukunft verringert werden können.

J. van Malde
Vorsitzender der KHR

TABLE DES MATIÈRES

	<i>Préface</i>	3
1	Introduction	9
2	Le calibrage des moulinets (brève revue)	11
Fig. 1	Moulinet fixé sur une perche et moulinet suspendu	11
Fig. 2	Procédé graphique de détermination des équations d'étalonnage d'un moulinet	13
3	Instituts d'étalonnage ayant participé à l'étude	15
4	Moulinets utilisés	17
5	Analyse de l'étalonnage comparatif	19
5.1	Résultats des différents étalonnages	19
Tab. 1	Résultats du calibrage du moulinet N° 1	20
Tab. 2	Résultats du calibrage du moulinet N° 2	22
Tab. 3	Résultats du calibrage du moulinet N° 3	24
Tab. 4	Résultats du calibrage du moulinet N° 4	26
Tab. 5	Résultats du calibrage du moulinet N° 5	28
Tab. 6	Résultats du calibrage du moulinet N° 6	30
Fig. 3	Comparaison des étalonnages du moulinet N° 1	21
Fig. 4	Comparaison des étalonnages du moulinet N° 2	23
Fig. 5	Comparaison des étalonnages du moulinet N° 3	25
Fig. 6	Comparaison des étalonnages du moulinet N° 4	27
Fig. 7	Comparaison des étalonnages du moulinet N° 5	29
Fig. 8	Comparaison des étalonnages du moulinet N° 6	31
5.2	Différences constatées entre les installations de calibrage	32
Fig. 9	Ecarts relatifs des d_v par rapport à la moyenne des calibrages par A,C,D Moulinet N° 1	34
Fig. 10	Ecarts relatifs des d_v par rapport à la moyenne des calibrages par A,C,D Moulinet N° 2	34
Fig. 11	Ecarts relatifs des d_v par rapport à la moyenne des calibrages par A,C,D Moulinet N° 3	35
Fig. 12	Ecarts relatifs des d_v par rapport à la moyenne des calibrages par A,C,D Moulinet N° 4	35
Fig. 13	Ecarts relatifs des d_v par rapport à la moyenne des calibrages par A,D Moulinet N° 5	36
Fig. 14	Ecarts relatifs des d_v par rapport à la moyenne des calibrages par A,D Moulinet N° 6	36
5.3	Dispersion des points de mesure	37
Fig. 15	Dispersion des points de mesure et ajustement des droites Etablissement A	38
Fig. 16	Dispersion des points de mesure et ajustement des droites Etablissement B	39
Fig. 17	Dispersion des points de mesure et ajustement des droites Etablissement C	41
Fig. 18	Dispersion des points de mesure et ajustement des droites Etablissement D	42
5.4	Différences entre l'étalonnage en conduite fermée et l'étalonnage en canal découvert	43
6	Discussion des sources d'incertitude	44
6.1	Influences de l'installation de mesure (influences instrumentales)	44
6.1.1	Saisie des variables de la mesure	44
6.1.2	L'effet Epper	47
6.1.3	Influence du mode de fixation	48
6.1.3.1	Différences entre les équations de moulinets à la perche et de moulinets suspendus	48
Fig. 19	Influence du mode de fixation	49
6.1.3.2	Fixation des moulinets suspendus lors de l'étalonnage	51
6.1.4	Autres influences	52
6.2	Influences extérieures	53
6.3	Influences des opérateurs	53
Tab. 7	Temps de repos minimaux entre deux parcours du chariot de mesure	54

7	Effet de l'incertitude de l'étalonnage du moulinet sur les résultats d'un jaugeage	55
8	Résumé et recommandations (français, allemand, néerlandais et anglais)	57
	Bibliographie	61
	Quelques informations sur la CHR (français, allemand, néerlandais et anglais)	64

INHALTSVERZEICHNIS

	<i>Vorwort</i>	3
1	Einleitung	9
2	Kalibrierung von Meßflügeln (Übersicht)	11
Abb. 1	Meßflügel als Stangenflügel und als Schwimmflügel	11
Abb. 2	Auswerteverfahren zur Bestimmung der Flügelgleichungen	13
3	Beteiligte Kalibrieranstalten	15
4	Eingesetzte Meßflügel	17
5	Analyse des Ringversuchs	19
5.1	Ergebnisse der verschiedenen Kalibrierungen	19
Tab. 1	Ergebnis der Kalibrierung von Flügel Nr. 1	20
Tab. 2	Ergebnis der Kalibrierung von Flügel Nr. 2	22
Tab. 3	Ergebnis der Kalibrierung von Flügel Nr. 3	24
Tab. 4	Ergebnis der Kalibrierung von Flügel Nr. 4	26
Tab. 5	Ergebnis der Kalibrierung von Flügel Nr. 5	28
Tab. 6	Ergebnis der Kalibrierung von Flügel Nr. 6	30
Abb. 3	Vergleich der Kalibrierungen für Flügel Nr. 1	21
Abb. 4	Vergleich der Kalibrierungen für Flügel Nr. 2	23
Abb. 5	Vergleich der Kalibrierungen für Flügel Nr. 3	25
Abb. 6	Vergleich der Kalibrierungen für Flügel Nr. 4	27
Abb. 7	Vergleich der Kalibrierungen für Flügel Nr. 5	29
Abb. 8	Vergleich der Kalibrierungen für Flügel Nr. 6	31
5.2	Unterschiede zwischen den Kalibrieranstalten	32
Abb. 9	Relative Abweichungen von d_v vom Mittelwert aus Kalibrierung bei A,C,D Flügel Nr. 1	34
Abb. 10	Relative Abweichungen von d_v vom Mittelwert aus Kalibrierung bei A,C,D Flügel Nr. 2	34
Abb. 11	Relative Abweichungen von d_v vom Mittelwert aus Kalibrierung bei A,C,D Flügel Nr. 3	35
Abb. 12	Relative Abweichungen von d_v vom Mittelwert aus Kalibrierung bei A,C,D Flügel Nr. 4	35
Abb. 13	Relative Abweichungen von d_v vom Mittelwert aus Kalibrierung bei A,D Flügel Nr. 5	36
Abb. 14	Relative Abweichungen von d_v vom Mittelwert aus Kalibrierung bei A,D Flügel Nr. 6	36
5.3	Streuung der Meßpunkte	37
Abb. 15	Streuung der Meßpunkte und Festlegung der Geraden Anstalt A	38
Abb. 16	Streuung der Meßpunkte und Festlegung der Geraden Anstalt B	39
Abb. 17	Streuung der Meßpunkte und Festlegung der Geraden Anstalt C	41
Abb. 18	Streuung der Meßpunkte und Festlegung der Geraden Anstalt D	42
5.4	Unterschiede zwischen der Kalibrierung in Rohrgerinnen und in Schleppkanälen	43
6	Diskussion von Unsicherheitsquellen	44
6.1	Einflüsse der Meßanlage (Geräteinflüsse)	44
6.1.1	Erfassung der Meßparameter	44
6.1.2	Eppereffekt	47
6.1.3	Einfluß der Befestigungsart	48
6.1.3.1	Unterschiede zwischen den Flügelgleichungen von Stangenflügel und Schwimmflügel	48
Abb. 19	Einfluß der Befestigungsart	49
6.1.3.2	Befestigung von Schwimmflügeln bei der Kalibrierung	51
6.1.4	Sonstige Einflüsse	52
6.2	Äußere Einflüsse	53
6.3	Persönliche Einflüsse des Meßpersonals	53
Tab. 7	Erforderliche Mindestruhezeiten zwischen zwei Meßfahrten	54

7	Auswirkung der Unsicherheit der Flügelkalibrierung auf die Abflußermittlung	55
8	Zusammenfassung und Empfehlungen (französisch, deutsch, niederländisch und englisch)	57
	Literaturverzeichnis	61
	Einige Informationen über die KHR (französisch, deutsch, niederländisch und englisch)	64

1. INTRODUCTION

Le rapport présenté ici est le résultat d'un essai comparatif d'étalonnage de moulinets, pratiqués dans cinq instituts spécialisés, situés dans quatre des pays riverains du Rhin, la République fédérale d'Allemagne, les Pays-Bas, l'Autriche et la Suisse, et ayant eu lieu du mois d'août 1984 au mois d'août 1985.

Les raisons de cette étude comparative sont multiples et sont apparues dans les milieux de l'hydrologie. Du point de vue des utilisateurs, un certain nombre de points demandaient en effet à être éclaircis au moyen d'un étalonnage comparatif:

- Quelle est l'influence du calibrage du moulinet sur l'incertitude affectant un jaugeage et par conséquent sur la fiabilité des déterminations de débit et des données hydrologiques en général?
- Existe-t-il des différences systématiques entre les résultats fournis par les différentes installations d'étalonnage?

En 1984, la deuxième question était d'une actualité particulière, après qu'une étude entreprise par l'Office bavarois de l'économie hydraulique eut mis en évidence un désaccord entre les résultats obtenus par les deux installations d'étalonnage allemandes. Une étude comparative fut ensuite entreprise par l'Institut fédéral allemand d'hydrologie, dans le but de confronter les résultats de ces deux installations seulement. En raison de résultats partiellement divergents, on demanda alors la collaboration d'instituts »neutres«, en Suisse et en Autriche.

Finalement la participation de l'institut d'étalonnage néerlandais fut également requise, après que le Groupe de travail »Standardisation« de la CHR eut entrepris d'éclaircir la question des différences entre les valeurs des débits du Rhin, déterminées au niveau des régions frontalières. En effet, la question se posait de savoir si une différence dans l'étalonnage des moulinets contribuait à créer ces divergences. Ce n'est donc qu'en cours de route que l'expérience d'étalonnage comparatif fut élargie pour devenir véritablement internationale.

Il y a donc une différence importante dans les bases de départ assignées aux instituts participants: les deux instituts allemands ont entrepris les calibrages dans le cadre d'étalonnages de routine, sans être informés préalablement de leur implication dans une comparaison; en revanche, les instituts suisse, autrichien et néerlandais n'ignoraient pas cet aspect-là de l'étude, bien qu'il fût convenu que, pour eux également, la façon de procé-

1. EINLEITUNG

Der vorliegende Bericht enthält die Ergebnisse eines Ringversuchs zur Kalibrierung hydrometrischer Meßflügel, der im Zeitraum von August 1984 bis August 1985 bei insgesamt fünf Anstalten in den vier Rheinanliegerstaaten Bundesrepublik Deutschland, Niederlande, Österreich und der Schweiz durchgeführt wurde.

Die Veranlassung für diesen Vergleich ist vielschichtig und kommt aus der wasserwirtschaftlichen Praxis. Folgende Fragestellungen aus der Sicht des Anwenders liegen der Vergleichskalibrierung zugrunde:

- Welchen Einfluß hat die Kalibrierung hydrometrischer Meßflügel auf die Unsicherheit der Abflußmessung und damit auf die Zuverlässigkeit der Abflußermittlung und der Abflußdaten?
- Gibt es systematische Unterschiede zwischen den Ergebnissen verschiedener Kalibrieranstalten?

Die zweite Frage war im Jahre 1984 aktuell, nachdem ein vom Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft vorgenommener Vergleich Abweichungen zwischen den beiden deutschen Kalibrieranstalten aufgezeigt hatte. Der Vergleich der Bundesanstalt für Gewässerkunde war deshalb zunächst nur zur Gegenüberstellung der Ergebnisse der deutschen Kalibrieranstalten vorgesehen. Aufgrund der teilweise etwas voneinander abweichenden Ergebnisse wurden danach, als »neutrale« Institutionen, Kalibrieranstalten in der Schweiz und in Österreich einbezogen.

Schließlich wurde auch die Kalibrieranstalt in den Niederlanden beteiligt, nachdem in der KHR-Arbeitsgruppe »Standardisierung«, die sich um eine Klärung der Unterschiede der Abflußwerte des Rheins im Bereich der Landesgrenzen bemüht, die Frage anstand, ob eine unterschiedliche Kalibrierung der Meßflügel zu den Abweichungen der Abflußdaten diesseits und jenseits von Landesgrenzen beiträgt. Erst während ihres Fortgangs hat sich die Vergleichskalibrierung zu einem internationalen Ringversuch ausgeweitet.

Damit unterscheidet sich auch die Ausgangsbasis der beteiligten Kalibrieranstalten. So wurden die Kalibrierungen bei den beiden deutschen Anstalten im Rahmen von Routinekalibrierungen vorgenommen, ohne vorherige Information der Anstalten über die Zielsetzung, die Einbeziehung in einen Vergleich. Demgegenüber war den Anstalten in der Schweiz, in Österreich und in den Niederlanden die Zielsetzung einer Ver-

der ne devait pas différer de la routine établie.

Le but de ce rapport est de relater les résultats de cette expérience, ainsi que d'estimer l'incertitude affectant les étalonnages et leur influence sur les valeurs de débit. Le rapport ne prétend pas traiter exhaustivement le problème de l'étalonnage des moulinets. C'est ainsi que les questions d'instrumentation et de méthodes de mesure ne seront effleurées que lorsqu'elles concernent directement les résultats. Par la même occasion, on espère transmettre aux instituts d'étalonnage quelques suggestions, et attirer leur attention sur des questions hydrologiques non encore résolues.

Un échange international d'expériences en matière d'étalonnage de moulinets hydrométriques a aussi lieu dans le cadre de l'«International Current Meter Group» (I.C.M.G.), qui est une association d'instituts, de scientifiques et d'utilisateurs, provenant tout particulièrement des milieux de fabricants de turbines. Les utilisateurs, dans le domaine de l'économie des eaux, seraient heureux si quelques-unes des questions non résolues pouvaient être discutées également dans ce groupe.

On ne pouvait clore cette introduction sans remercier cordialement les services d'étalonnage qui ont collaboré avec bonne volonté à cette étude.

L'auteur remercie également Monsieur K. Wander pour l'engagement dont il a témoigné au cours de l'élaboration des résultats, ainsi que Mesdames E. Hoffmann et E. Schmitt pour le soin qu'elles ont apporté aux représentations graphiques.

gleichskalibrierung zuvor bekannt. Es sollte jedoch auch hier wie bei einer Routinekalibrierung vorgegangen werden.

Ziel des folgenden Berichtes ist die Information über die Ergebnisse des Ringversuches sowie eine Abschätzung der Unsicherheit der Ergebnisse und deren Auswirkung auf die Zuverlässigkeit der Abflußmessung und der Abflußdaten. Der Bericht erhebt nicht den Anspruch, die Probleme der Flügelkalibrierung vollständig zu behandeln. Insbesondere werden geräte- und meßtechnische Fragestellungen nur dort gestreift, wo sich in den Ergebnissen Anhaltspunkte zeigen. Gleichzeitig wird die Absicht verfolgt, den Kalibrieranstalten Anregungen und offene Fragen aus der Sicht des Anwenders in der Wasserwirtschaft zu übermitteln.

Ein internationaler Erfahrungsaustausch über die Kalibrierung hydrometrischer Flügel besteht in der »International Current Meter Group« (I.C.M.G.), einer Vereinigung von Instituten, Wissenschaftlern und Anwendern insbesondere aus dem Kreis der Turbinenhersteller. Die Anwender in der Wasserwirtschaft würden sich freuen, wenn einige der offenen Fragen auch in diesem Gremium diskutiert werden könnten.

Den beteiligten Kalibrieranstalten sei an dieser Stelle für ihre bereitwillige Mitarbeit herzlich gedankt.

Herrn K. Wander danke ich für sein engagiertes Mitwirken bei der Auswertung, Frau E. Hoffmann und Frau E. Schmitt für ihre Sorgfalt bei den zeichnerischen Darstellungen.

2. LE CALIBRAGE DES MOULINETS (brève revue)

La détermination en continu du débit des cours d'eau naturels se fait en convertissant les niveaux d'eau mesurés de façon continue, au moyen de la relation niveau/débit.

Il est essentiel, pour obtenir des valeurs de débit fiables, de pouvoir compter sur un relevé, une transmission et une élaboration sûrs des niveaux, autant que sur une relation niveau/débit, la courbe niveau/débit, rigoureusement établie et remise à jour régulièrement, au moyen de jaugeages suffisamment fréquents et exacts.

L'objectif d'un jaugeage est de déterminer le volume d'eau qui s'est écoulé dans l'unité de temps au travers du plan de la section choisie. Le volume de la »corps d'eau« Q (m^3/s), donne, avec le niveau d'eau, une paire de valeurs (H/Q) , soit un point de la courbe niveau/débit.

Lors du jaugeage, on cherche à obtenir un nombre de points d'appui tel que l'on puisse calculer avec une précision excellente le volume du »corps d'eau«, c'est-à-dire le débit. Ces points d'appui ne sont autres que les vitesses d'écoulement mesurées en différents points du profil. Généralement ces vitesses d'écoulement sont mesurées au moyen d'un moulinet hydrométrique.

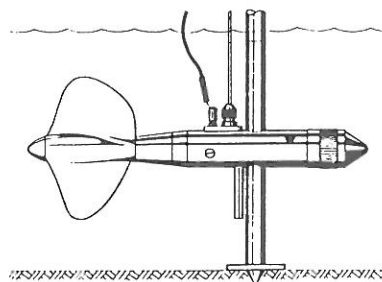


Fig. 1 Moulinet fixé sur une perche et moulinet suspendu

2. KALIBRIERUNG VON MEBFLÜGELN (Übersicht)

In freifließenden Gewässern erfolgt die kontinuierliche Abflußermittlung durch Umsetzung der kontinuierlich gemessenen Wasserstände über die Wasserstand-Abfluß-Beziehung.

Wesentlicher Bestandteil einer zuverlässigen Abflußermittlung ist – neben der zuverlässigen Erfassung, Übertragung und Auswertung der Wasserstände – das Vorliegen einer straffen und regelmäßig aktualisierten Wasserstand-Abfluß-Beziehung, der Abflußkurve, auf der Grundlage ausreichend häufiger und genauer Abflußmessungen.

Ziel einer Abflußmessung ist es, das in der Zeiteinheit einen Querschnitt durchfließende Wasservolumen Q (m^3/s), den »Abflußkörper«, zu erfassen und mit dem Wertepaar (W/Q) einen Punkt der Abflußkurve zu erhalten.

Bei der Abflußmessung wird versucht, den »Abflußkörper« durch so viele Stützstellen zu erfassen, daß damit eine ausreichend genaue Berechnung des Körperinhalts, also des Abflusses möglich ist. Die Stützstellen selbst sind die Fließgeschwindigkeiten in einzelnen Punkten des Querschnitts. Sie werden überwiegend mit hydrometrischen Meßflügeln ermittelt.

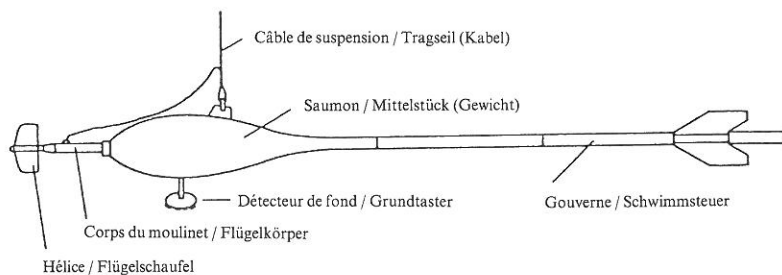


Abb. 1 Meßflügel als Stangenflügel und als Schwimmflügel

Que ce soit fixé à une perche ou à un saumon suspendu au câble d'une grue, que se soit d'un pont ou d'un bateau, le moulinet sera maintenu successivement en un certain nombre de points fixés à l'avance dans la section choisie. Le courant faisant tourner le moulinet, le nombre n de tours par unité de temps (tours/s) est alors une mesure de la vitesse (v) en chacun de ces points. Le moulinet donne un nombre d'impulsions proportionnel au nombre de révolutions de l'hélice. La succession des impulsions est déterminée soit en notant le temps nécessaire pour obtenir un nombre fixé de tours, soit en notant le nombre d'impulsions parvenues pendant un intervalle de temps prédéterminé. Mais la relation entre nombre de tours par seconde et vitesse d'écoulement doit d'abord être obtenue par l'opération d'étalonnage du moulinet.

La plupart des installations permettant cet étalonnage consistent en un long canal rempli d'une eau immobile, dans lequel on déplace à vitesse constante un groupe de moulinets. L'opération est renouvelée à des vitesses différentes. La situation est donc l'inverse de celle d'un jaugeage, où le moulinet, immobile, est mis en rotation par l'écoulement de l'eau.

Un certain nombre de passages, le plus souvent de 12 à 20, selon la gamme des vitesses considérée, donnent autant de points de mesure (n/v). Dans un système de coordonnées $n-v$, les points se répartissent autour d'une hyperbole aplatie. Cette hyperbole coupe l'axe des ordonnées en un point qui donne approximativement la vitesse minimale de réponse [3]. Une représentation approchée de cette courbe est fournie par une succession de segments de droites.

La détermination visuelle des droites d'étalonnage dans le système de coordonnées $n-v$ nécessiterait une échelle démesurée. On procède donc à l'élaboration des résultats en traçant tout d'abord une droite auxiliaire, passant généralement par l'origine du système de coordonnées, approximativement parallèle à l'asymptote de l'hyperbole formée par les points (n/v):

$$v_p = k_a \cdot n$$

où k_a représente de façon approchée le pas hydraulique de l'hélice du moulinet. On calcule ensuite pour chaque point la différence $dv = v - v_p$ et on la représente, par exemple, à une échelle agrandie dix fois (fig. 2).

Les points (n/dv) se répartissent aussi selon une hyperbole aplatie. Les courbures et la dispersion apparaissent cependant plus clairement qu'avec la représentation des points (n/v) [3].

Par un ajustement visuel, la courbe (n/dv) sera représentée au moyen d'une ou de plusieurs droites. Les paramètres des équations $dv = a_1 \cdot n + b_1$ sont détermi-

An einer Stange oder mittels einer Seilkrananlage, von Brücken oder von Meßschiffen aus wird der Flügel in vorgegebenen Punkten des Querschnitts festgehalten; in der Strömung dreht sich die Flügelschaukel. Die Drehzahl n (Umdrehungen/s) der Flügelschaukel ist ein Maß für die Fließgeschwindigkeit (v) im jeweiligen Meßpunkt. Der Flügel gibt proportional zu den Schaufelumdrehungen Impulse ab. Die Impulsfolge wird bestimmt, in dem man entweder die Zeit für eine vorgewählte Anzahl von Umdrehungen oder die Anzahl der Impulse für eine vorgewählte Zeit zählt. Der Zusammenhang zwischen der Drehzahl der Flügelschaukel und der Fließgeschwindigkeit wird bei der Flügelkalibrierung ermittelt.

Die meisten Kalibrieranlagen bestehen aus einem langen Kanal. In ihm werden die Meßflügel mit verschiedenen – bei einer Meßfahrt jeweils gleichförmigen – Geschwindigkeiten durch das ruhende Wasser bewegt, im Gegensatz zur Abflußmessung, wo das fließende Wasser die Schaufel des in einem Punkt festgehaltenen Flügels in Drehungen versetzt.

Mehrere Schleppfahrten, meist 12 bis 20 je nach erfaßtem Geschwindigkeitsbereich, ergeben die Meßpunkte (n/v). In einem $n-v$ -Koordinatensystem aufgetragen, streuen die Punkte um eine flache Hyperbel, welche die Ordinate schneidet. Der Schnittpunkt gibt annähernd die Anlaufgeschwindigkeit des Meßflügels an [3]. Diese Kurve kann durch Geraden angenähert werden.

Die Bestimmung der Ausgleichsgeraden (Flügelgleichungen) durch graphischen Ausgleich im $n-v$ -Diagramm erfordert einen sehr großen Maßstab. Zur Auswertung wird deshalb meist durch den Nullpunkt des Koordinatensystems eine Hilfsgerade etwa parallel zur Asymptote der (n/v)-Punkte gezeichnet:

$$v_p = k_a \cdot n$$

k_a entspricht etwa der hydraulischen Steigung der Flügelschaukel. Für jeden Meßpunkt (n/v) wird rechnerisch die Differenz $dv = v - v_p$ gebildet und im Maßstab um den Faktor 10 gestreckt aufgetragen (Abb. 2)

Die (n/dv)-Punkte streuen ebenfalls um eine flache Hyperbel. Krümmung und Streuung treten jedoch deutlicher hervor als aus der Kurve der (n/v)-Punkte [3].

Durch optischen Ausgleich wird die (n/dv)-Kurve in eine oder mehrere Geraden aufgeteilt. Die Parameter der Flügelgleichungen $dv = a_1 \cdot n + b_1$ werden bestimmt

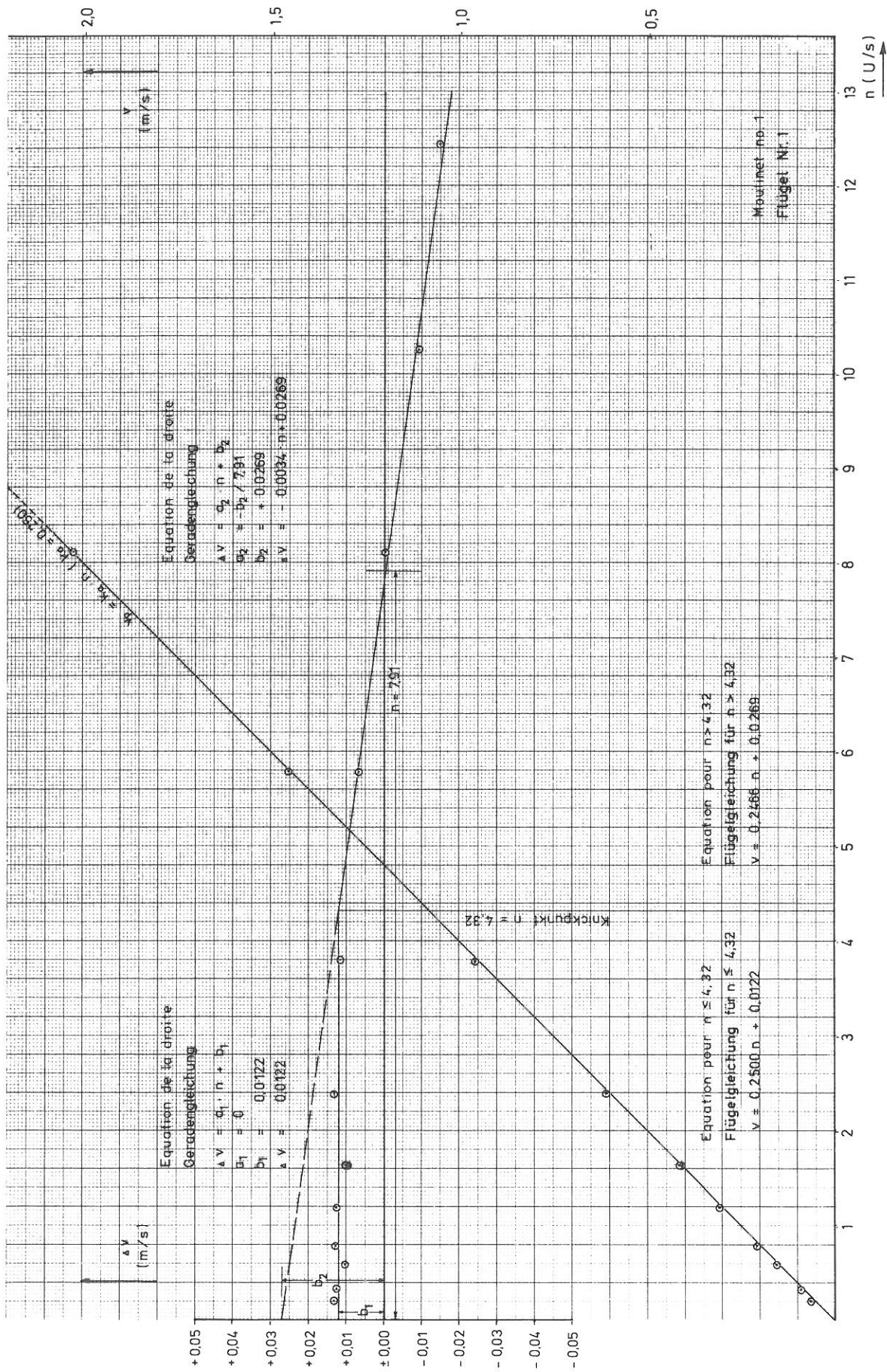


Fig. 2 Procédé graphique de détermination des équations d'étalonnage d'un moulinet

nés en les mesurant directement sur le diagramme ou en calculant les intersections sur les axes. Par addition des équations des droites $v_p = k_a \cdot n$ et $dv = a_i \cdot n + b_i$, on obtient les équations des droites d'étalonnage (équations du moulinet):

$$v = k_i \cdot n + b_i \text{ avec } k_i = k_a + a_i$$

En plus de ce procédé d'exploitation dit des »vitesse partielles«, on pratique également le report direct et l'ajustement des points (n/v) à grande échelle.

Depuis quelques années, l'étalonnage des moulinets est aussi effectué dans des canaux annulaires où le moulinet est maintenu fixe, comme lors du jaugeage d'un cours d'eau, et où l'eau est propulsée à une vitesse connue. Une installation de ce type a également participé à l'expérience d'étalonnage comparatif.

durch Abgreifen oder Berechnung der entsprechenden Achsenabschnitte. Durch Addition der beiden Geraden $v_p = k_a \cdot n$ und $dv = a_i \cdot n + b_i$ erhält man die Gleichungen der Geraden (Flügelgleichungen):

$$v = k_i \cdot n + b_i \text{ mit } k_i = k_a + a_i$$

Neben diesem Auswerteverfahren der »Teilschwindigkeiten« wird auch die großmaßstäbliche Auftragung und Auswertung der (n/v) -Punkte praktiziert.

Seit einigen Jahren werden Flügelkalibrierungen auch in ringförmigen Gerinnen vorgenommen, bei denen wie bei der Abflußmessung im Gewässer der Meßflügel, in einem Punkt festgehalten, von dem mit bekannter Geschwindigkeit strömenden Wasser bewegt wird. Eine derartige Anlage ist in diese Vergleichskalibrierung einbezogen.

3. INSTITUTS D'ÉTALONNAGE AYANT PARTICIPÉ À L'ÉTUDE

Les instituts suivants, des pays membres de la CHR, ont participé au calibrage comparatif:

- A: Bundesanstalt für Wasserbauversuche und Hydro-metrische Prüfung
Severingasse 7
A-1090 Vienne IX
Autriche
- B: Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Außenstelle Küste
Wedeler Landstraße 157
D-2000 Hambourg 56
République fédérale d'Allemagne
- C: Service hydrologique et géologique national
CH-3003 Berne
Suisse
- D: Firma A. Ott GmbH
Jägerstraße 4-12
D-8960 Kempten
République fédérale d'Allemagne
- E: Rijkswaterstaat
Dienst Getijdewateren
Hoofdafdeling Hydro-Instrumentatie
Nijverheidsstraat 2
NL-2288 BB Rijswijk (ZH)
Pays-Bas

3. BETEILIGTE KALIBRIERANSTALTEN

Am Ringversuch waren folgende Institutionen aus den Mitgliedsländern der KHR beteiligt:

- A: Bundesanstalt für Wasserbauversuche und Hydro-metrische Prüfung
Severingasse 7
A-1090 Wien IX
Österreich
- B: Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Außenstelle Küste
Wedeler Landstraße 157
D-2000 Hamburg 56
Bundesrepublik Deutschland
- C: Landeshydrologie und -geologie
CH-3003 Bern
Schweiz
- D: Firma A. Ott GmbH
Jägerstraße 4-12
D-8960 Kempten
Bundesrepublik Deutschland
- E: Rijkswaterstaat
Dienst Getijdewateren
Hoofdafdeling Hydro-Instrumentatie
Nijverheidsstraat 2
NL-2288 BB Rijswijk (ZH)
Niederlande

Installation	Dimensions (m) du canal d'étalonnage			v_{\max} (m/s)	Procédé et grandeurs mesurées
	Longueur	Largeur	Profondeur de l'eau		
A	40,65	2,25	2,00	3,30	Présélection du chemin (mm). Relevé du temps (au 1/100 s) et du nombre (entier) d'impulsions correspondant.
B	93	1,50	1,20	5,0	Jusqu'en 1985, présélection du temps (100s pour $v < 0,5$ m/s, 10s pour $v > 0,5$ m/s). Relevé des impulsions correspondantes (U) et du chemin parcouru (dm ou cm). Dès 1985, présélection du nombre d'impulsions. Relevé du temps correspondant (1/1000 s) et du chemin parcouru (mm).
C	140	3,98	1,86	10,0	Présélection d'un nombre d'impulsions quelconque. Relevé du temps correspondant (1/1000 s) et du chemin parcouru (mm).
D	85	2,50	1,60	7,5	Présélection du chemin (lecture photo-électrique de marques). Relevé des impulsions du moulinet et du temps correspondant (s). Enregistrement à l'aide d'un chronographe [3].
E	Canal fermé, de forme annulaire, complètement rempli d'une eau propulsée par des pompes et dirigée vers la section de mesure à vitesse constante (réglable sans palier jusqu'à 1,25 m/s). A la section de mesure, le diamètre de la conduite est de 230 mm. Le moulinet y est maintenu en position, fixé à une perche (20 mm \varnothing). La vitesse d'écoulement est mesurée par ultrason (mm/s).				

Caractéristiques des installations d'étalonnage

Anlage	Abmessungen (m) des Kalibriergerinnes			v_{\max} (m/s)	Meßverfahren und Meßgrößen
	Länge	Breite	Wassertiefe		
A	40,65	2,25	2,00	3,30	Vorgabe des Weges (mm). Erfassung der zugehörigen Zeit (Ausdruck 1/100 s) und der Flügelimpulse (volle Impulse).
B	93	1,50	1,20	5,0	Bis 1985: Zeitvorgabe (100 s für $v < 0,5$ m/s, 10s für $v > 0,5$ m/s). Erfassung der zugehörigen Flügelimpulse (U) und des Weges (dm bzw. cm). Ab 1985: Impulsvorgabe. Erfassung der zugehörigen Zeit (1/1000 s) und des Weges (mm).
C	140	3,98	1,86	10,0	Vorwahl einer beliebigen Impulszahl. Erfassung der zugehörigen Zeit (1/1000 s) und des Weges (mm).
D	85	2,50	1,60	7,5	Vorgabe des Weges (fotoelektrisches Abtasten von Wegmarken). Erfassung der zugehörigen Flügelimpulse und der Zeit (s); Registrierung mit einem Chronographen [3].
E	Geschlossenes, vollständig mit Wasser gefülltes ringförmiges Gerinne. Das Wasser wird mit Pumpen gesteuert in diesem Rohr mit konstanter Geschwindigkeit (stufenlos regelbar bis 1,25 m/s) durch die Meßstrecke geführt. Im Bereich der Meßstrecke ist der Flügel an einer Stange (\varnothing 20 mm) befestigt. Der Rohrdurchmesser beträgt hier 230 mm. Die Fließgeschwindigkeit des Wassers wird mit einer Ultraschallmeßanlage (mm/s) erfaßt.				

Kenndaten der Kalibrieranlagen

4. MOULINETS UTILISÉS

Pour cet étalonnage comparatif, on a choisi un petit moulinet OTT C2, avec deux hélices différentes, fixé sur une perche de 9 mm Ø, ainsi qu'un moulinet Universel OTT C31, avec deux hélices également, mais calibrées une fois avec le moulinet fixé sur une perche de 20 mm Ø et une autre fois avec le moulinet monté sur un saumon suspendu, de 100 kg. On a donc eu à comparer finalement les six combinaisons suivantes, désignées par la suite simplement comme »moulinets N°1 à 6«:

- 1 Petit moulinet OTT C2
avec hélice de 50 mm Ø
d'un pas de 0,25 m
Mode de fixation: sur perche de 9 mm Ø
Moulinet N° 66575
Hélice N° 3-65426
- 2 Petit moulinet OTT C2
avec hélice de 30 mm Ø
d'un pas de 0,10 m
Mode de fixation: sur perche de 9 mm Ø
Moulinet N° 66575
Hélice N° 6-68652
- 3 Moulinet Universel OTT C31
avec hélice de 125 mm Ø
d'un pas de 0,25 m
Mode de fixation: sur perche de 20 mm Ø
Moulinet N° 56640
Hélice N° 1-58004
- 4 Moulinet Universel OTT C31
avec hélice de 80 mm Ø
d'un pas de 0,125 m
Mode de fixation: sur perche de 20 mm Ø
Moulinet N° 56640
Hélice N° 4-81340
- 5 Moulinet Universel OTT C31
avec hélice de 125 mm Ø
d'un pas de 0,25 m
Mode de fixation: suspendu, sur saumon de 100 kg
Moulinet N° 56640
Hélice N° 1-58004
- 6 Moulinet Universel OTT C31
avec hélice de 80 mm Ø
d'un pas de 0,125 m
Mode de fixation: suspendu, sur saumon de 100 kg
Moulinet N° 56640
Hélice N° 4-81340

Cette numérotation de 1 à 6 sera la seule désignation utilisée dans les tableaux et récapitulatifs qui vont

4. EINGESETZTE MEBFLÜGEL

In den Ringversuch wurden ein Kleinflügel OTT C2 mit zwei verschiedenen Schaufeln (an Stange 9 mm Ø) sowie ein Universalflügel OTT C31 mit zwei Schaufeln, die jeweils an einer Stange 20 mm Ø und als Schwimmflügel mit einem 100 kg Mittelstück kalibriert werden sollten, einbezogen. Damit ergaben sich folgende sechs Flügelkombinationen, welche im weiteren Verlauf des Berichtes als »Flügel Nr. 1 bis 6« bezeichnet werden:

- 1 Kleinflügel OTT C2
mit Schaufel 50 mm Ø
0,25 m Steigung
Befestigungsart: Stange 9 mm Ø
Flügel Nr. 66575
Schaufel Nr. 3-65426
- 2 Kleinflügel OTT C2
mit Schaufel 30 mm Ø
0,10 m Steigung
Befestigungsart: Stange 9 mm Ø
Flügel Nr. 66575
Schaufel Nr. 6-68652
- 3 Universalflügel OTT C31
mit Schaufel 125 mm Ø
0,25 m Steigung
Befestigungsart: Stange 20 mm Ø
Flügel Nr. 56640
Schaufel Nr. 1-58004
- 4 Universalflügel OTT C31
mit Schaufel 80 mm Ø
0,125 m Steigung
Befestigungsart: Stange 20 mm Ø
Flügel Nr. 56640
Schaufel Nr. 4-81340
- 5 Universalflügel OTT C31
mit Schaufel 125 mm Ø
0,25 m Steigung
Befestigungsart: Schwimmflügel mit 100 kg Mittelstück
Flügel Nr. 56640
Schaufel Nr. 1-58004
- 6 Universalflügel OTT C31
mit Schaufel 80 mm Ø
0,125 m Steigung
Befestigungsart: Schwimmflügel mit 100 kg Mittelstück
Flügel Nr. 56640
Schaufel Nr. 4-81340

Die Numerierungen 1 bis 6 werden in den folgenden Tabellen und Übersichten einheitlich beibehalten.

suivre. A noter que tous les moulinets donnent une impulsion pour une révolution de l'hélice.

On peut remarquer que les moulinets N° 3 et 5, ainsi que les moulinets N° 4 et 6 ne diffèrent que par leur mode de fixation (respectivement sur une perche de 20 mm Ø et sur un saumon de 100 kg).

Les moulinets suspendus (N° 5 et 6) n'ont pas pu, pour des raisons pratiques, être calibrés avec l'installation C (transport du saumon de 100 kg). Le calibrage de moulinets suspendus n'est pas possible avec l'installation E.

Sämtliche Flügel geben pro Schaufelumdrehung einen Flügelimpuls.

Flügel Nr. 3 und 5 sowie Flügel Nr. 4 und 6 unterscheiden sich jeweils nur durch die Befestigungsart (an Stange 20 mm Ø bzw. als Schwimmflügel mit 100 kg Mittelstück).

Die Schwimmflügel (Nr. 5 und 6) konnten bei Anlage C aus praktischen Gründen (Transport des 100 kg Mittelstückes) nicht kalibriert werden. Bei Anlage E ist eine Kalibrierung von Schwimmflügeln nicht möglich.

5. ANALYSE DE L'ÉTALONNAGE COMPARATIF

5.1 Résultats des différents étalonnages

Les tableaux 1 à 6 présentent tout d'abord les équations obtenues par les cinq instituts, pour chacun des six moulinets.

Ensuite figurant les vitesses d'écoulement, calculées au moyen de ces équations, pour des vitesses de rotation choisies, avec à chaque fois la moyenne, la plus grande et la plus petite valeur (v_m , v_{max} , v_{min}), l'étendue ainsi couverte et cette même étendue exprimée en pourcent de la moyenne.

Les figures 3 à 8 représentent graphiquement les droites d'étalonnage. A partir des équations des moulinets, on a tiré une »droite relative« $v = a \cdot n$, choisie de telle façon que, pour chaque moulinet, les droites d'étalonnage de chacune des cinq installations puissent figurer ensemble sur une feuille de format DIN A4. Les différences entre les vitesses données par les diverses équations (cm/s), apparaissent immédiatement grâce à cette forme de représentation.

5. ANALYSE DES RINGVERSUCHS

5.1 Ergebnisse der verschiedenen Kalibrierungen

In den Tabellen 1 bis 6 sind die Flügelgleichungen der fünf Anstalten für die einzelnen Meßflügel zusammengestellt.

Für vorgegebene Umdrehungen wurden die Geschwindigkeiten aus diesen Flügelgleichungen berechnet und Mittel, größter und kleinster Wert (v_m , v_{max} , v_{min}) sowie die Spannweite und deren relative Abweichung vom Mittel angegeben.

Die Abbildungen 3 bis 8 enthalten die graphischen Darstellungen der Geraden. Von den Flügelgleichungen wurde dazu eine »Bezugsgerade« $v = a \cdot n$ abgezogen, die für jeden Flügel so gewählt wurde, daß die Geraden sämtlicher fünf Anstalten auf einer DIN A4 Seite darstellbar sind. Die Geschwindigkeitsdifferenzen (cm/s), die sich bei Verwendung der verschiedenen Flügelgleichungen ergeben, können unmittelbar aus diesen Darstellungen abgelesen werden.

Installation d'étalonnage/ Kalibrier-anlage	Domaine de validité de l'équation/ Gültigkeitsbereich der Flügelgleichung	Equation du moulinet/ Flügelgleichung n (U/s) v (m/s)
A	$n \geq 0,17$	$v = 0,2494 \cdot n + 0,0113$
B	$n < 2,02$ $2,02 < n < 4,10$ $n > 4,10$	$v = 0,2462 \cdot n + 0,0111$ $v = 0,2397 \cdot n + 0,0242$ $v = 0,2483 \cdot n - 0,0111$
C	$n \leq 4,32$ $4,32 < n < 10,48$ $10,48 < n < 12,00$	$v = 0,2500 \cdot n + 0,0122$ $v = 0,2466 \cdot n + 0,0269$ $v = 0,2512 \cdot n - 0,0213$
D	$n < 0,49$ $n > 0,49$	$v = 0,2333 \cdot n + 0,017$ $v = 0,2495 \cdot n + 0,009$
E	pour tout n/ für alle n	$v = 0,2540 \cdot n + 0,004$

Récapitulation des équations du moulinet Zusammenstellung der Flügelgleichungen

n (U/s)	v (cm/s) selon équation correspondante/ v (cm/s) aus Flügelgleichungen					v _m (cm/s)	Ecart/Abweichung	
	A	B	C	D	E		v _{max} -v _{min} (cm/s)	en % de v _m / in % von v _m
2	51,01	<u>50,35</u>	<u>51,22</u>	50,80	51,20	50,92	0,87	1,71
4	100,89	<u>98,30</u>	101,22	100,70	<u>102,00</u>	100,62	3,70	3,68
6	150,77	<u>147,87</u>	150,65	150,60	<u>152,80</u>	150,54	4,93	3,27
8	200,65	<u>197,53</u>	199,97	200,50	<u>203,60</u>	200,45	6,07	3,03
10	250,53	<u>247,19</u>	249,29	250,40	<u>254,40</u>	250,36	7,21	2,88

Comparaison des vitesses pour des vitesses de rotation données

— v_{max}
- - - v_{min}
Moulinet OTT C2
avec hélice de 50 mm Ø
pas de 0,25 m
sur perche de 9 mm Ø
Moulinet N° 66575
Hélice N° 3-65426

Tableau 1 Résultats du calibrage du moulinet N° 1

Vergleich der Geschwindigkeiten für vorgegebene Umdrehungszahlen

— v_{max}
- - - v_{min}
Flügel OTT C2
Schaufel Ø 50 mm
Steigung 0,25 m
Befestigung an Stange Ø 9 mm
Flügel Nr. 66575
Schaufel Nr. 3-65426

Tabelle 1 Ergebnisse der Kalibrierung von Flügel Nr. 1

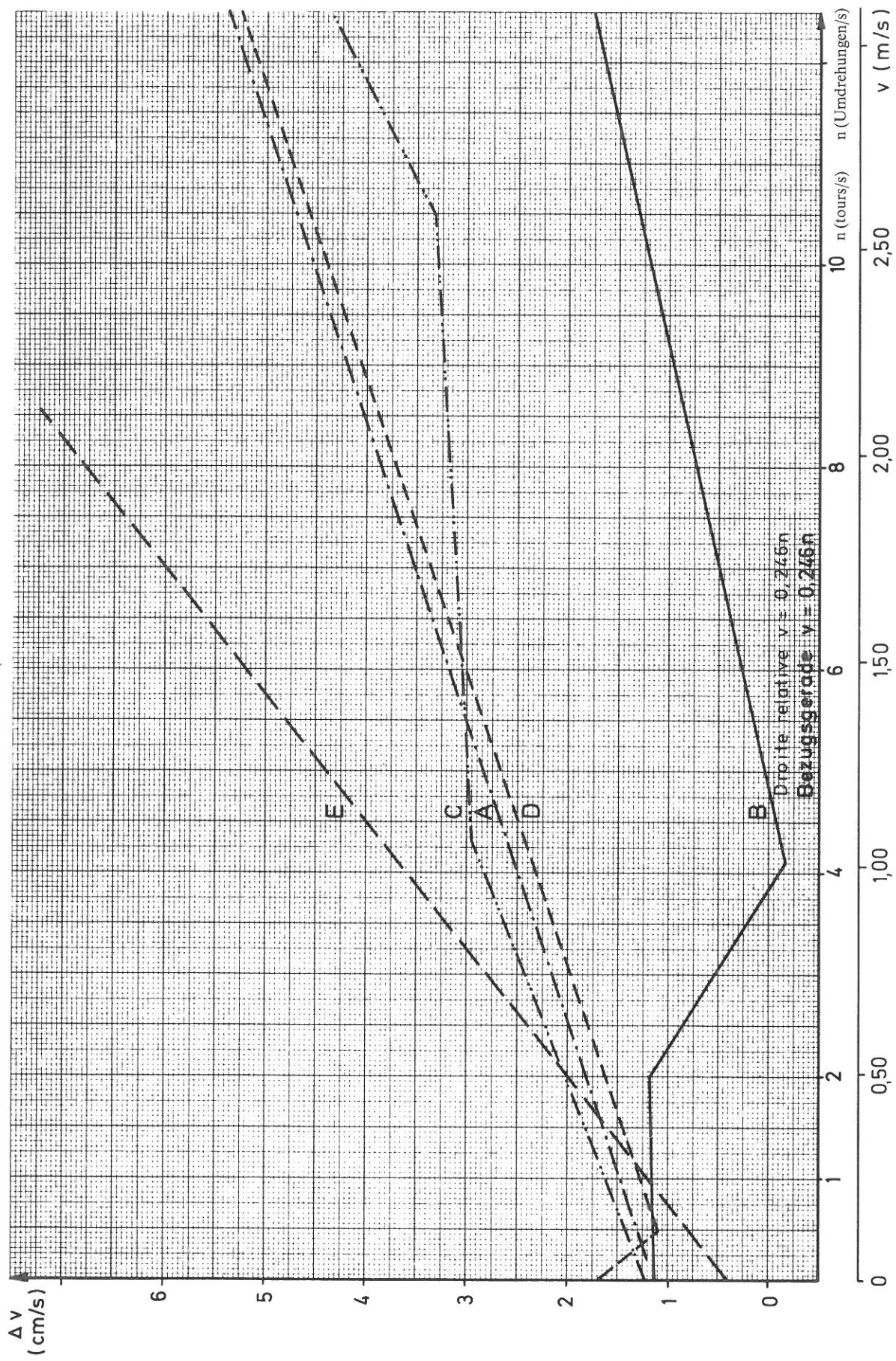


Fig. 3 Comparaison des étalonnages du moulinet N° 1

Abb. 3 Vergleich der Kalibrierungen für Flügel Nr. 1

Installation d'étalonnage/ Kalibrier-anlage	Domaine de validité de l'équation/ Gültigkeitsbereich der Flügelgleichung	Equation du moulinet/ Flügelgleichung	
		n (U/s)	v (m/s)
A	$0,56 \leq n \leq 8,20$ $n \geq 8,20$	$v = 0,1041 \cdot n + 0,0251$ $v = 0,1028 \cdot n + 0,0351$	
B	$n < 4,60$ $n > 4,60$	$v = 0,1033 \cdot n + 0,0225$ $v = 0,1013 \cdot n + 0,0317$	
C	$n \leq 8,91$ $8,91 < n < 24,39$ $24,39 < n < 30,00$	$v = 0,1049 \cdot n + 0,0240$ $v = 0,1006 \cdot n + 0,0623$ $v = 0,1029 \cdot n + 0,0062$	
D	$n < 1,12$ $n > 1,12$	$v = 0,0932 \cdot n + 0,039$ $v = 0,1030 \cdot n + 0,028$	
E	pour tout n/ für alle n moyenne/Mittel	$v = 0,1030 \cdot n + 0,037$ $v = 0,1050 \cdot n + 0,017$ $v = 0,1040 \cdot n + 0,027$	

Récapitulation des équations du moulinet Zusammenstellung der Flügelgleichungen

n (U/s)	v (cm/s) selon équation correspondante/ v (cm/s) aus Flügelgleichungen					v _m (cm/s)	Ecart/Abweichung	
	A	B	C	D	E		v _{max} -v _{min} (cm/s)	en % de v _m / in % von v _m
2	23,33	<u>22,91</u>	23,38	23,40	<u>23,50</u>	23,30	0,59	2,53
5	54,56	<u>53,82</u>	<u>54,85</u>	54,30	54,70	54,45	1,03	1,89
10	106,31	<u>104,47</u>	<u>106,83</u>	105,80	106,70	106,02	2,36	2,23
15	157,71	<u>155,12</u>	157,13	157,30	<u>158,70</u>	157,19	3,58	2,28
20	209,11	<u>205,77</u>	207,43	208,80	<u>210,70</u>	208,36	4,93	2,37

Comparaison des vitesses pour des vitesses de rotation données

— v_{max}
- - - v_{min}
Moulinet OTT C2
avec hélice de 30 mm Ø
pas de 0,10 m
sur perche de 9 mm Ø
Moulinet N° 66575
Hélice N° 6-68652

Vergleich der Geschwindigkeiten für vorgegebene Umdrehungszahlen

— v_{max}
- - - v_{min}
Flügel OTT C2
Schaufel Ø 30 mm
Steigung 0,10 m
Befestigung an Stange Ø 9 mm
Flügel Nr. 66575
Schaufel Nr. 6-68652

Tableau 2 Résultats du calibrage du moulinet N° 2

Tabelle 2 Ergebnisse der Kalibrierung von Flügel Nr. 2

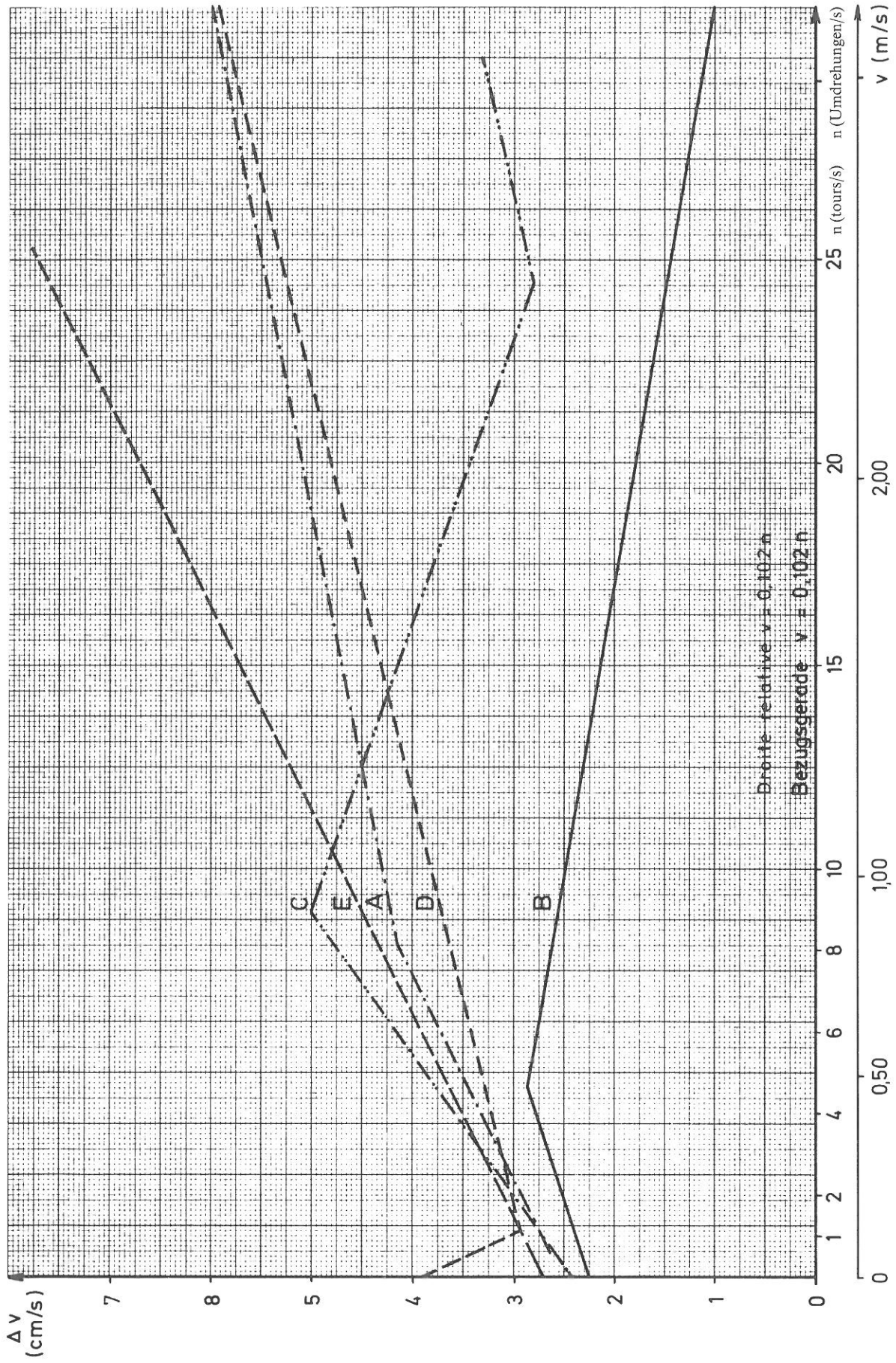


Abb. 4 Vergleich der Kalibrierungen für Flügel Nr. 2

Fig. 4 Comparaison des étalonnages du moulinet N° 2

Installation d'étalonnage/ Kalibrier-anlage	Domaine de validité de l'équation/ Gültigkeitsbereich der Flügelgleichung	Equation du moulinet/ Flügelgleichung	
		n (U/s)	v (m/s)
A	$0,14 \leq n \leq 0,57$ $n \geq 0,57$	$v = 0,2270 \cdot n + 0,0237$ $v = 0,2595 \cdot n + 0,0052$	
B	$n < 1,87$ $n > 1,87$	$v = 0,2541 \cdot n + 0,0095$ $v = 0,2572 \cdot n + 0,0037$	
C	$n \leq 12$	$v = 0,2590 \cdot n + 0,0101$	
D	$n < 0,53$ $n > 0,53$	$v = 0,2407 \cdot n + 0,015$ $v = 0,2595 \cdot n + 0,005$	
E	pour tout n/ für alle n moyenne/Mittel	$v = 0,2530 \cdot n + 0,005$ $v = 0,2540 \cdot n + 0,006$ $v = 0,2540 \cdot n + 0,005$ $v = 0,2537 \cdot n + 0,0053$	

Récapitulation des équations du moulinet Zusammenstellung der Flügelgleichungen

n (U/s)	v (cm/s) selon équation correspondante/ v (cm/s) aus Flügelgleichungen					v _m (cm/s)	Ecart/Abweichung	
	A	B	C	D	E		v _{max} -v _{min} (cm/s)	en % de v _m / in % von v _m
2	52,42	51,81	<u>52,81</u>	52,40	<u>51,26</u>	52,14	1,55	2,97
4	104,32	103,25	<u>104,61</u>	104,30	<u>102,00</u>	103,70	2,61	2,52
6	156,22	154,69	<u>156,41</u>	156,20	<u>152,73</u>	155,25	3,68	2,37
8	208,12	206,13	<u>208,21</u>	208,10	<u>203,46</u>	206,80	4,75	2,30
10	<u>260,02</u>	257,57	260,01	260,00	<u>254,20</u>	258,36	5,82	2,25

Comparaison des vitesses pour des vitesses de rotation données

— v_{max}
----- v_{min}
Moulinet OTT C31
avec hélice de 125 mm Ø
pas de 0,25 m
sur perche de 20 mm Ø
Moulinet N° 56640
Hélice N° 1-58004

Tableau 3 Résultats du calibrage du moulinet N° 3

Vergleich der Geschwindigkeiten für vorgegebene Umdrehungszahlen

— v_{max}
----- v_{min}
Flügel OTT C31
Schaufel Ø 125 mm
Steigung 0,25 m
Befestigung an Stange Ø 20 mm
Flügel Nr. 56640
Schaufel Nr. 1-58004

Tabelle 3 Ergebnisse der Kalibrierung von Flügel Nr. 3

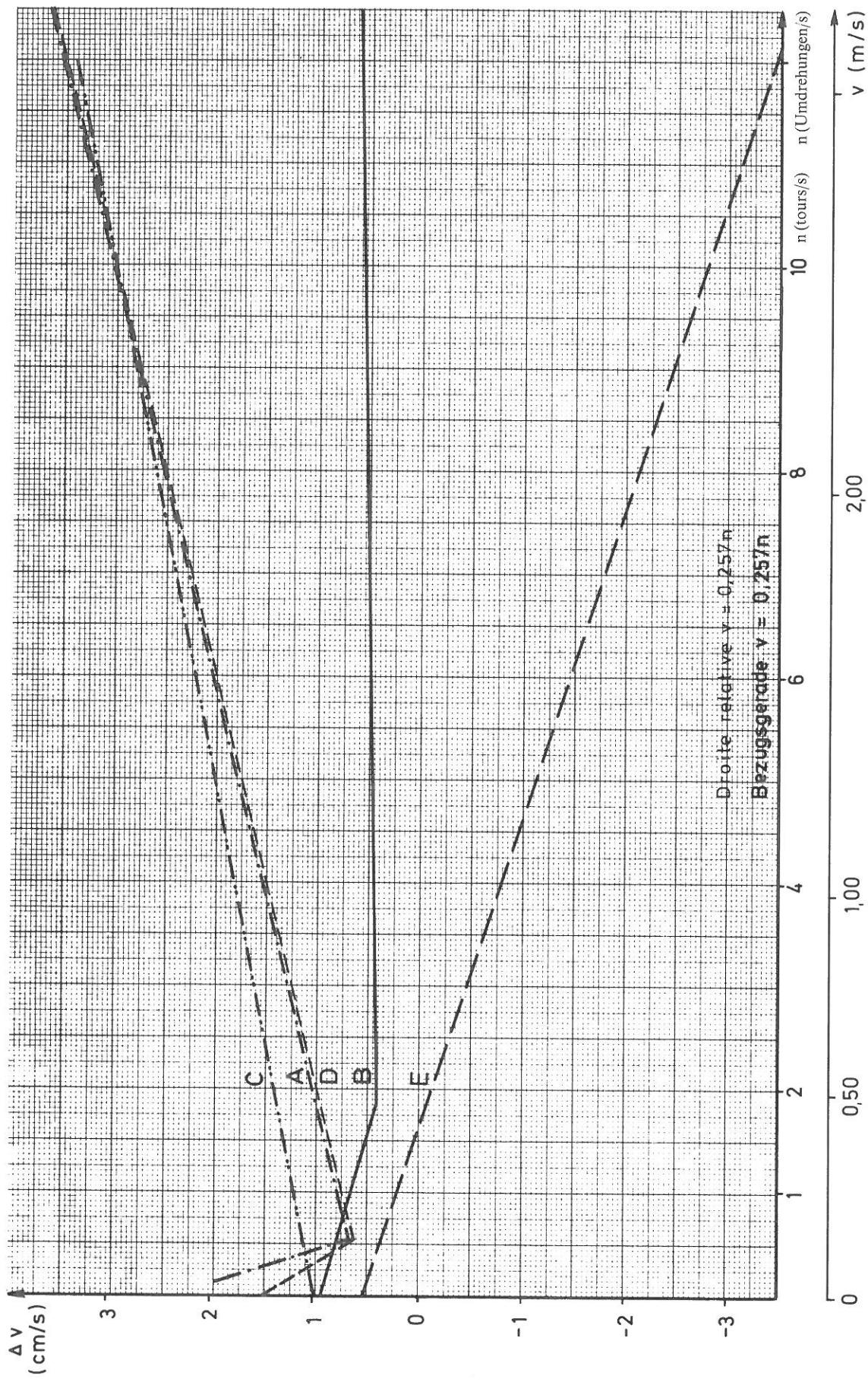


Abb. 5 Vergleich der Kalibrierungen für Flügel Nr. 3

Fig. 5 Comparaison des étalonnages du moulinet N° 3

Installation d'étalonnage/ Kalibrier-anlage	Domaine de validité de l'équation/ Gültigkeitsbereich der Flügelgleichung	Equation du moulinet/ Flügelgleichung	
		n (U/s)	v (m/s)
A	$0,20 \leq n \leq 0,36$ $n \geq 0,36$	$v = 0,1293 \cdot n + 0,0290$ $v = 0,1349 \cdot n + 0,0270$	
B	$n < 1,27$ $n > 1,27$	$v = 0,1316 \cdot n + 0,0263$ $v = 0,1331 \cdot n + 0,0244$	
C	$n \leq 0,88$ $0,88 < n < 3,41$ $3,41 < n < 18,10$ $18,10 < n < 23$	$v = 0,1245 \cdot n + 0,0347$ $v = 0,1373 \cdot n + 0,0235$ $v = 0,1346 \cdot n + 0,0327$ $v = 0,1377 \cdot n - 0,0234$	
D	pour tout n/ für alle n	$v = 0,1350 \cdot n + 0,024$	
E	pour tout n/ für alle n moyenne/Mittel	$v = 0,1330 \cdot n + 0,015$ $v = 0,1330 \cdot n + 0,019$ $v = 0,1340 \cdot n + 0,014$ $v = 0,1340 \cdot n + 0,015$ $v = 0,1355 \cdot n + 0,157$	

Récapitulation des équations du moulinet Zusammenstellung der Flügelgleichungen

n (U/s)	v (cm/s) selon équation correspondante/ v (cm/s) aus Flügelgleichungen					v _m (cm/s)	Ecart/Abweichung	
	A	B	C	D	E		v _{max} -v _{min} (cm/s)	en % de v _m / in % von v _m
2	29,68	29,06	<u>29,81</u>	29,40	<u>28,28</u>	29,25	1,53	5,23
5	70,15	68,99	<u>70,57</u>	69,90	<u>68,32</u>	69,59	2,25	3,23
10	137,60	135,54	<u>137,87</u>	137,40	<u>135,08</u>	136,70	2,79	2,04
15	205,05	202,09	<u>205,17</u>	204,90	<u>201,82</u>	203,81	3,35	1,64
20	272,50	268,64	<u>273,06</u>	272,40	<u>268,57</u>	271,03	4,49	1,66

Comparaison des vitesses pour des vitesses de rotation données

—— v_{max}
----- v_{min}
Moulinet OTT C31
avec hélice de 80 mm Ø
pas de 0,125 m
sur perche de 20 mm Ø
Moulinet N° 56640
Hélice N° 4-81340

Tableau 4 Résultats du calibrage du moulinet N° 4

Vergleich der Geschwindigkeiten für vorgegebene Umdrehungszahlen

—— v_{max}
----- v_{min}
Flügel OTT C31
Schaufel Ø 80 mm
Steigung 0,125 m
Befestigung an Stange Ø 20 mm
Flügel Nr. 56640
Schaufel Nr. 4-81340

Tabelle 4 Ergebnisse der Kalibrierung von Flügel Nr. 4

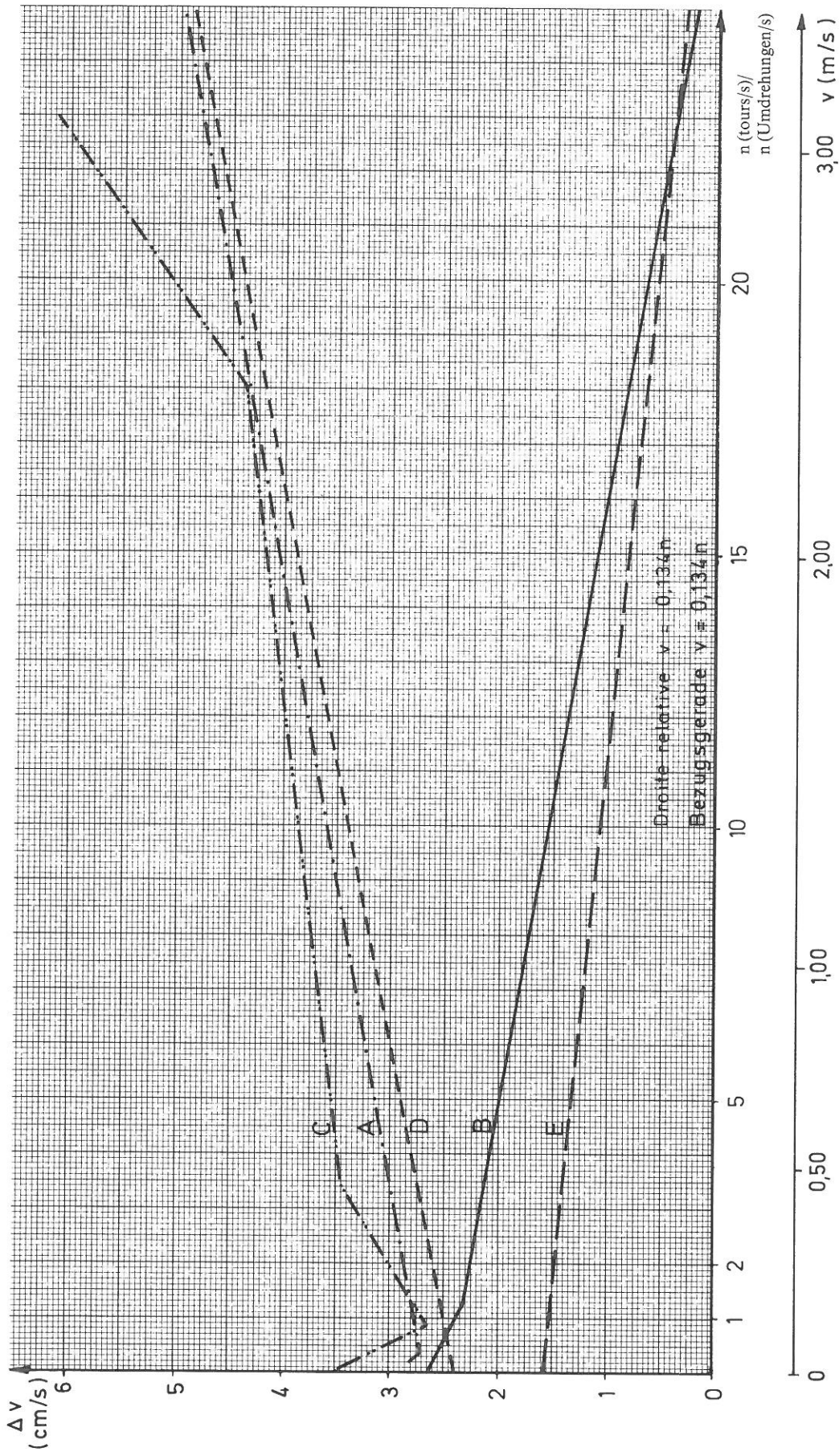


Fig. 6 Comparaison des étalonnages du moulinet N°4

Abb. 6 Vergleich der Kalibrierungen für Flügel Nr. 4

Installation d'étalonnage/ Kalibrier-anlage	Domaine de validité de l'équation/ Gültigkeitsbereich der Flügelgleichung	Equation du moulinet/ Flügelgleichung	
		n (U/s)	v (m/s)
A	$0,17 \leq n \leq 0,67$ $n \geq 0,67$	$v = 0,2643 \cdot n + 0,0053$ $v = 0,2620 \cdot n + 0,0068$	
B	$n < 3,84$ $n > 3,84$	$v = 0,2591 \cdot n + 0,0085$ $v = 0,2660 \cdot n - 0,0180$	
C	non calibré/ nicht kalibriert		
D	$n < 0,54$ $n > 0,54$	$v = 0,2311 \cdot n + 0,022$ $v = 0,2625 \cdot n + 0,005$	
E	pour tout n/ für alle n moyenne/Mittel	$v = 0,2530 \cdot n + 0,005$ $v = 0,2540 \cdot n + 0,006$ $v = 0,2540 \cdot n + 0,005$ $v = 0,2537 \cdot n + 0,0053$	

Récapitulation des équations du moulinet Zusammenstellung der Flügelgleichungen

n (U/s)	v (cm/s) selon équation correspondante/ v (cm/s) aus Flügelgleichungen					v _m (cm/s)	Ecart/Abweichung	
	A	B	C	D	E		v _{max} -v _{min} (cm/s)	en % de v _m / in % von v _m
2	<u>53,08</u>	52,67	—	53,00	<u>51,26</u>	52,50	1,82	3,47
4	<u>105,48</u>	104,60	—	<u>105,50</u>	<u>102,00</u>	104,40	3,50	3,35
6	<u>157,88</u>	157,80	—	<u>158,00</u>	<u>152,73</u>	156,60	5,27	3,37
8	<u>210,28</u>	<u>211,00</u>	—	210,50	<u>203,46</u>	208,81	7,54	3,61
10	<u>262,68</u>	<u>264,20</u>	—	263,00	<u>254,20</u>	261,02	10,00	3,83

Comparaison des vitesses pour des vitesses de rotation données

— v_{max}

----- v_{min}

Moulinet OTT C31

avec hélice de 125 mm Ø

pas de 0,25 m

Mode de fixation: suspendu, sur saumon de 100 kg

Moulinet N° 56640

Hélice N° 1-58004

Tableau 5 Résultats du calibrage du moulinet N° 5

Vergleich der Geschwindigkeiten für vorgegebene Umdrehungszahlen

— v_{max}

----- v_{min}

Flügel OTT C31

Schaufel Ø 125 mm

Steigung 0,25 m

Befestigungsart: Schwimmflügel mit 100 kg Mittelstück

Flügel Nr. 56640

Schaufel Nr. 1-58004

Tabelle 5 Ergebnisse der Kalibrierung von Flügel Nr. 5

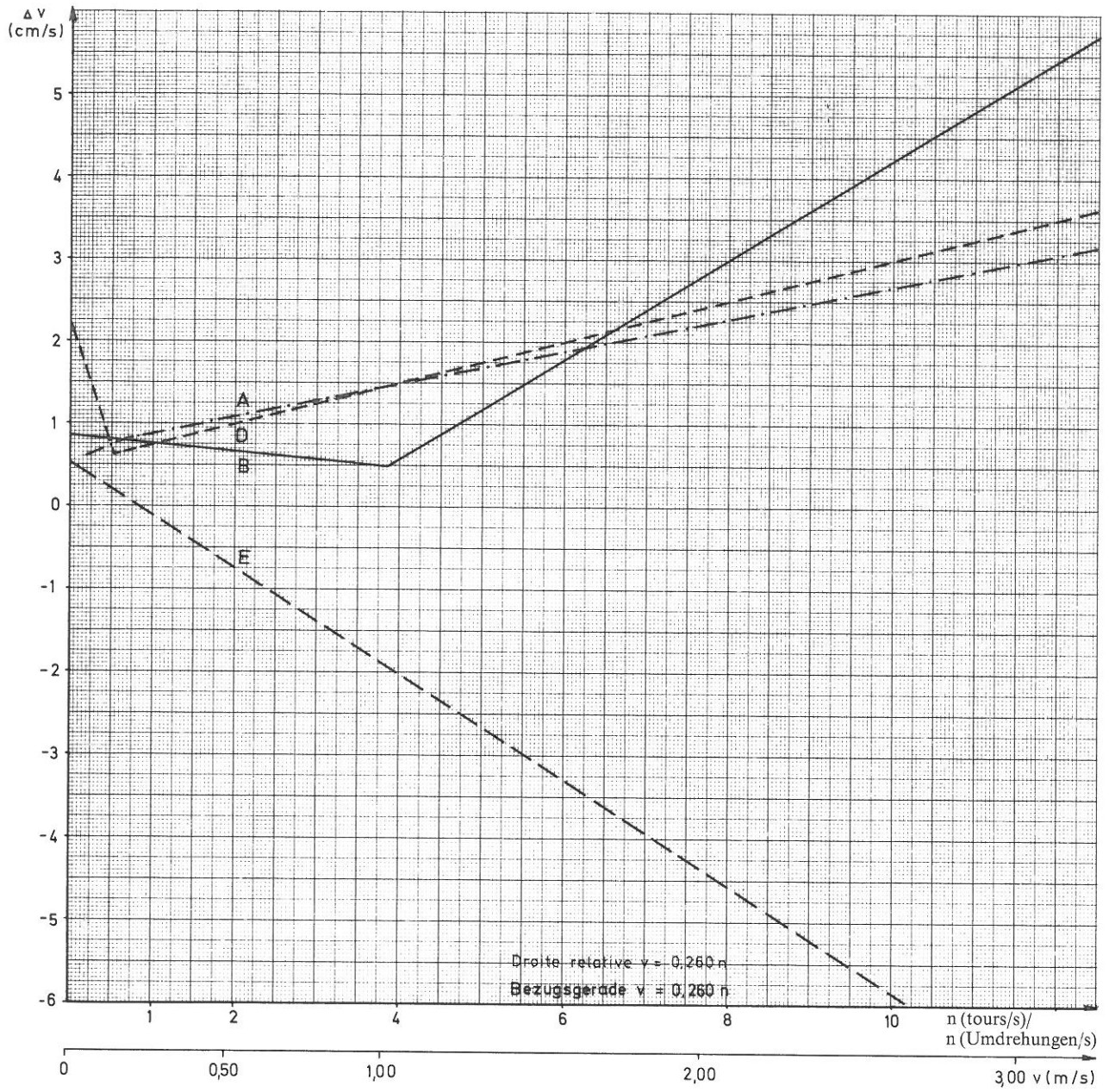


Fig. 7 Comparaison des étalonnages du moulinet N° 5

Abb. 7 Vergleich der Kalibrierungen für Flügel Nr. 5

Installation d'étalonnage/ Kalibrier-anlage	Domaine de validité de l'équation/ Gültigkeitsbereich der Flügelgleichung	Equation du moulinet/ Flügelgleichung	
		n (U/s)	v (m/s)
A	$0,42 \leq n \leq 0,89$ $n \geq 0,89$	$v = 0,1268 \cdot n + 0,0331$ $v = 0,1368 \cdot n + 0,0242$	
B	$n < 1,25$ $n > 1,25$	$v = 0,1327 \cdot n + 0,0274$ $v = 0,1351 \cdot n + 0,0244$	
C	non calibré/ nicht kalibriert		
D	$n < 0,87$ $n > 0,87$	$v = 0,1264 \cdot n + 0,027$ $v = 0,1368 \cdot n + 0,018$	
E	pour tout n/ für alle n moyenne/Mittel	$v = 0,1330 \cdot n + 0,019$ $v = 0,1340 \cdot n + 0,014$ $v = 0,1340 \cdot n + 0,015$ $v = 0,1330 \cdot n + 0,015$ $v = 0,1335 \cdot n + 0,0157$	

Récapitulation des équations du moulinet Zusammenstellung der Flügelgleichungen

n (U/s)	v (cm/s) selon équation correspondante/ v (cm/s) aus Flügelgleichungen					v _m (cm/s)	Ecart/Abweichung	
	A	B	C	D	E		v _{max} -v _{min} (cm/s)	en % de v _m / in % von v _m
2	<u>29,78</u>	29,46	—	29,16	<u>28,28</u>	29,17	1,50	5,14
5	<u>70,82</u>	69,99	—	70,20	<u>68,32</u>	69,83	2,50	3,58
10	<u>139,22</u>	137,54	—	138,60	<u>135,08</u>	137,61	4,14	3,01
15	<u>207,62</u>	205,09	—	207,00	<u>201,82</u>	205,38	5,80	2,82
20	<u>276,02</u>	272,64	—	275,40	<u>268,57</u>	273,16	7,45	2,73

Comparaison des vitesses pour des vitesses de rotation données

— v_{max}

----- v_{min}

Moulinet OTT C31

avec hélice de 80 mm Ø

pas de 0,125 m

Mode de fixation: suspendu, sur saumon de 100 kg

Moulinet N° 56640

Hélice N° 4-81340

Tableau 6 Résultats du calibrage du moulinet N° 6

Vergleich der Geschwindigkeiten für vorgegebene Umdrehungszahlen

— v_{max}

----- v_{min}

Flügel OTT C31

Schaufel Ø 80 mm

Steigung 0,125 m

Befestigungsart: Schwimmflügel mit 100 kg Mittelstück

Flügel Nr. 56640

Schaufel Nr. 4-81340

Tabelle 6 Ergebnisse der Kalibrierung von Flügel Nr. 6

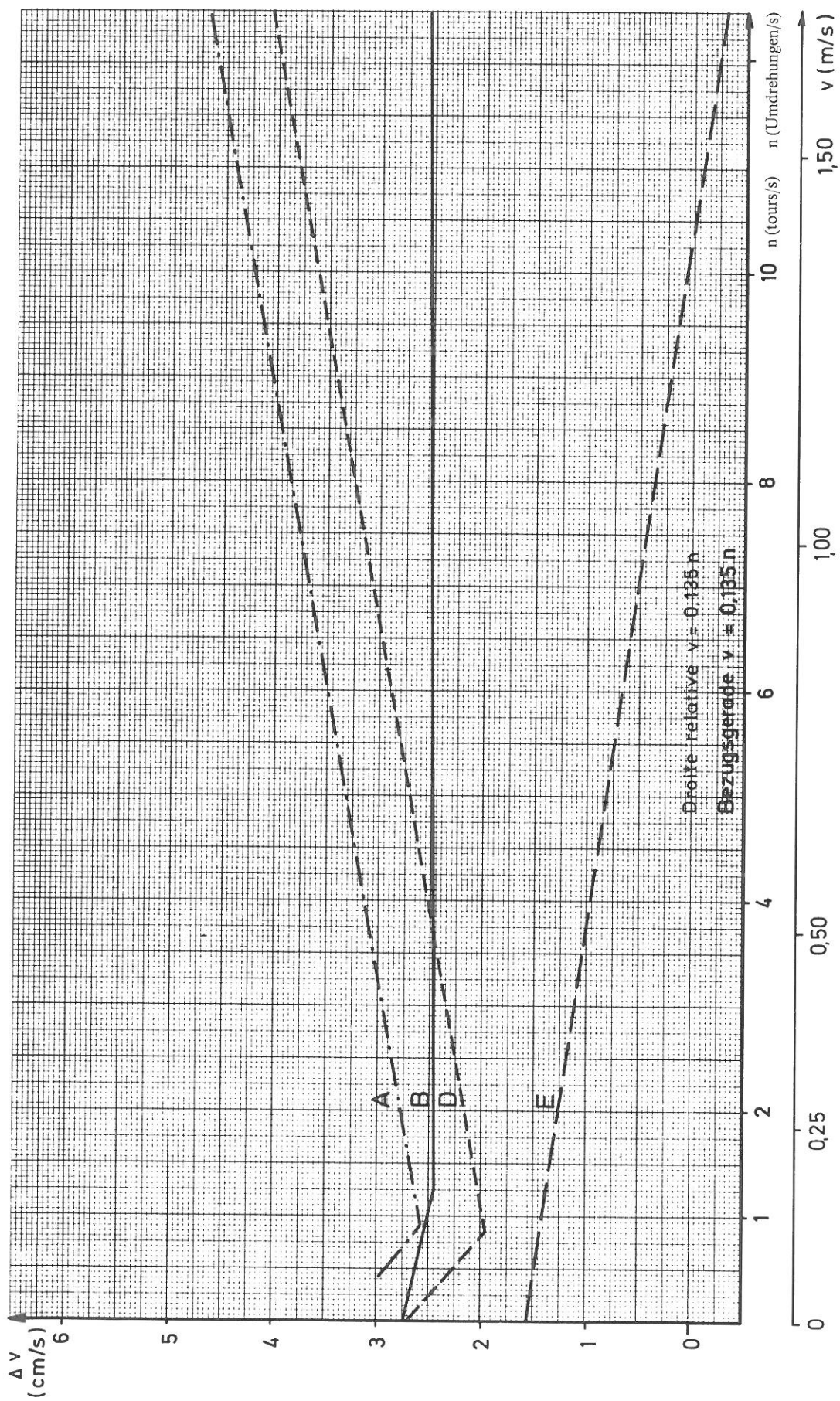


Fig. 8 Comparaison des étalonnages du moulinet N° 6

Abb. 8 Vergleich der Kalibrierungen für Flügel Nr. 6

5.2 Différences constatées entre les installations de calibrage

Pour représenter objectivement les écarts relatifs entre résultats, il faudrait les évaluer par rapport à la moyenne générale de toutes les équations. On trouvera aussi ce mode de représentation dans la littérature, par exemple dans [3] et [8].

Comme il ressort des figures 3 à 8, les résultats de la comparaison des six moulinets sont bien groupés en ce qui concerne les installations A, C et D, alors que les équations fournies par B et E divergent nettement. Dans ces circonstances, l'utilisation de la moyenne générale comme référence aurait effacé les différences tout en donnant une image déformée.

Dans les figures 9 à 14, on a donc choisi comme référence la moyenne des résultats de A, C, et D, pour d'une part représenter l'étendue de la dispersion de ces trois installations et d'autre part pour bien montrer les écarts de B et E. On a donc représenté les écarts relatifs $(v_x - v_m) \cdot 100 / v_m$, où v_x est calculé à l'aide de l'équation du moulinet fournie par l'établissement x, pour une vitesse de rotation n donnée.

Les surfaces marquées d'un pointillé foncé désignent la dispersion pour les établissements A, C et D, et les hachures claires la dispersion pour B et E. Toutefois, dans le domaine des très petites vitesses ($< 0,25$ m/s), les écarts croissent fortement et n'ont pas été représentés.

Avec le moulinet N° 1 les écarts pour les établissements A, C, et D se situent dans le pointillé foncé sur une étendue de 1% pour les faibles vitesses et sur moins de 0,5% pour les vitesses $> 1,00$ m/s. Entre les résultats de B et E, l'étendue dépasse par contre 3%.

Les étendues correspondantes pour le moulinet N° 2 se situent entre 0,4 – 1,4% dans le pointillé foncé et restent plus ou moins constantes autour de 2,5% pour B et E. Pour les deux petits moulinets (N° 1 et 2), E fournit des valeurs trop élevées (env. +1%) et B des valeurs trop faibles (env. –1,5%) par rapport à la moyenne des résultats de A, C et D.

Pour le moulinet normal N° 3 l'étendue de la dispersion de A, C et D, se réduit, de env. 1% vers $v = 0,40$ m/s à moins de 0,2% aux vitesses moyennes et élevées. En revanche, B aussi bien que E donnent des vitesses trop faibles, mais d'une façon pratiquement constante: env. –1% pour B et –2,2% pour E.

Un comportement pratiquement similaire peut être constaté avec le moulinet N° 4. B et E donnent des valeurs trop faibles d'environ 2% en moyenne.

5.2 Unterschiede zwischen den Kalibrieranstalten

Zur Darstellung der relativen Abweichungen der Ergebnisse sollte bei neutraler Betrachtungsweise vom Mittel der insgesamt einbezogenen Flügelgleichungen ausgegangen werden. Diese Darstellung findet sich auch in der Literatur, z.B. in [3] und [8].

Wie aus den Abbildungen 3 bis 8 hervorgeht, liegen bei diesem Ringversuch bei allen sechs einbezogenen Flügeln die Ergebnisse der Anstalten A, C und D dichter beisammen, während die Flügelgleichungen von B und E stärker abweichen. Das Gesamtmittel als Bezugsgröße würde in diesem Fall die Unterschiede verwischen und ein verzerrtes Bild geben.

In den Abbildungen 9 bis 14 wurde deshalb jeweils das Mittel der Ergebnisse von A, C und D als Bezugsgröße gewählt, um einerseits den Streubereich dieser drei Anstalten zu erfassen und um andererseits die Abweichungen von B und E aufzuzeigen. Dargestellt sind die relativen Abweichungen $(v_x - v_m) \cdot 100 / v_m$, wobei v_x für vorgegebene Umdrehungszahlen n aus den Flügelgleichungen der Anstalt x ermittelt wurde.

Die dunkel markierten Flächen stellen den Streubereich der Anstalten A, C und D, die hell markierten Flächen den Streubereich der Anstalten B und E dar. Der Bereich sehr kleiner Geschwindigkeiten (ca. $< 0,25$ m/s), in dem die relativen Abweichungen sehr stark anwachsen, wurde nicht berücksichtigt.

Bei Flügel Nr. 1 bewegt sich die Spannweite der Abweichungen im dunklen Feld (Anstalten A, C und D) zwischen 1% bei kleinen Geschwindigkeiten und weniger als 0,5% bei Geschwindigkeiten $> 1,00$ m/s. Zwischen B und E beträgt dagegen die Spannweite $> 3\%$.

Die entsprechenden Spannweiten bei Flügel Nr. 2 betragen 0,4 – 1,4% im dunklen Feld und ziemlich konstant 2,5% zwischen B und E. Bei beiden Kleinflügeln (Nr. 1 und 2) zeigt E jeweils zu große Werte (ca. +1%) und B zu kleine Werte (ca. –1,5%) gegenüber dem Mittel aus A, C und D an.

Für Normalflügel Nr. 3 reduziert sich die Spannweite des Streubereiches A, C und D von ca. 1% bei $v = 0,40$ m/s auf weniger als 0,2% bei mittleren und hohen Fließgeschwindigkeiten. Sowohl B als auch E ergeben demgegenüber zu geringe Geschwindigkeiten und zwar nahezu konstant um ca. 1% bei B und ca. 2,2% bei E.

Ähnliche Verhältnisse zeigen sich bei Flügel Nr. 4, bei dem B und E beide um im Mittel ca. 2% geringere Geschwindigkeiten ergeben.

Avec le moulinet suspendu N° 5, pour lequel la moyenne des valeurs pratiquement identiques de A et D ont été prises comme référence, les écarts de B oscillent entre -1% pour les vitesses moyennes et $+0,5\%$ pour les vitesses plus élevées. Les résultats de E se situent eux presque constamment autour de $-3,2\%$.

Le moulinet suspendu N° 6 montre, avec une étendue un peu plus grande entre A et D, des différences de vitesses pratiquement constantes pour B (env. -1%) et pour E (env. $-2,8\%$).

En résumé, on ne constate qu'une bande étroite de dispersion pour les établissements A, C et D, bien qu'avec des différences significatives pour certains des moulinets.

En dehors du domaine des petites vitesses ($< 0,50$ m/s), cette bande de dispersion a – si l'on excepte le moulinet N° 2 – une largeur $< 1\%$ pour les moulinets N° 3, 4, 5 et 6, et dès le domaine des vitesses moyennes jusqu'à celui des plus grandes vitesses (env. 1-3 m/s), une largeur $< 0,5\%$, ce qui signifie des écarts de env. $\pm 2,5\%$ par rapport à la valeur moyenne.

Avec le nombre limité d'institutions ayant participé, l'écart à la moyenne paraît moins expressif que l'étendue de la bande de dispersion, qui indique à l'hydrologue avec quelles différences de débit il doit compter, quand ses moulinets sont calibrés par différents établissements.

La bande de dispersion en question se rapproche assez de la tolérance de mesure de $\pm 2\%$ proposée par Fischer ([5], [9]), au moins dans une certaine gamme de vitesse. Si l'on considère qu'il existe quelques différences entre les modes d'exécution et d'élaboration d'un étalonnage effectué aux établissements A, C, ou D, on peut dire qu'atteindre une tolérance de $\pm 2\%$ lors d'un calibrage optimal est un objectif parfaitement réalisable.

Pour tous les moulinets examinés, les résultats obtenus par les établissements B et E s'écartent d'avantage de la moyenne de A, C et D. On peut donc supposer des sources particulières d'incertitude pour ces deux installations, et aussi que les conditions sont assez différentes dans le canal tubulaire de E. On examinera, dans le paragraphe suivant, quelles en sont les causes possibles. Les différences mises en évidence pour B et E sont d'un ordre de grandeur de 1% jusqu'à parfois plus de 3% , et ces différences vont influencer systématiquement les déterminations de débit. Quand les jaugeages de stations voisines sont effectués avec des moulinets étalonnés par des établissements différents, les valeurs de débit peuvent être si fortement influencées que la solution de certains problèmes hydrologiques et économiques peut en être affectée.

Beim Schwimmflügel Nr. 5, wo als Bezugsgröße das Mittel der nahezu übereinstimmenden Werte von A und D zugrunde liegt, schwanken die Abweichungen von B zwischen ca. -1% bei mittleren und ca. $+0,5\%$ bei höheren Geschwindigkeiten, während E fast konstant um $3,2\%$ geringere Werte ergibt.

Schwimmflügel Nr. 6 zeigt bei einer etwas größeren Spannweite zwischen A und D nahezu konstant geringere Geschwindigkeiten bei B (ca. 1%) und E (ca. $2,8\%$).

Zusammengefaßt zeigt sich ein nur schmales Streuband bei den Anstalten A, C und D, wenn auch mit deutlichen Unterschieden bei den einzelnen Flügeln.

Abgesehen vom Bereich geringer Geschwindigkeiten (ca. $< 0,50$ m/s) hat dieses Streuband – mit Ausnahme von Flügel Nr. 2 – eine Spannweite von $< 1\%$, bei den Flügeln Nr. 3, 4, 5 und 6 im Bereich mittlerer bis höherer Geschwindigkeit (ca. 1-3 m/s) meist sogar $< 0,5\%$, das bedeutet Abweichungen von ca. $\pm 2,5\%$ vom Mittelwert.

Bei der geringen Anzahl einbezogener Kalibrieranstalten erscheint jedoch die Abweichung vom Mittel weniger aussagefähig als die Spannweite, die dem Anwender in der Wasserwirtschaft angibt, mit welchen Unterschieden seiner Abflußwerte er rechnen muß, wenn seine Flügel bei unterschiedlichen Anstalten kalibriert werden.

Das genannte Streuband kommt der von Fischer ([5], [9]) angestrebten Meßtoleranz von $\pm 2\%$ zumindest in Teilbereichen schon recht nahe. Wenn man davon ausgeht, daß hinsichtlich Durchführung und Auswertung der Kalibrierung auch einige Unterschiede zwischen den Anstalten A, C und D bestehen, so kann das Ziel, bei optimaler Kalibrierung eine Meßtoleranz von $\pm 2\%$ zu erreichen, als durchaus realisierbar angesehen werden.

Die Ergebnisse der Anstalten B und E weichen bei allen einbezogenen Flügeln stärker vom Mittelwert von A, C und D ab. Es liegt deshalb die Vermutung nahe, daß hier besondere Unsicherheitsquellen oder, beim Rohrgerinne E, andere Voraussetzungen vorliegen. Im folgenden Abschnitt wird versucht, aus den Ergebnissen mögliche Ursachen abzuleiten. Die bei B und E festgestellten Abweichungen liegen in einer Größenordnung von 1% bis teilweise $> 3\%$, wodurch die Abflußermittlung systematisch beeinflusst wird. Wenn an benachbarten Meßstellen mit Flügeln gemessen wird, die bei verschiedenen Anstalten kalibriert wurden, können die Abflußdaten so stark beeinflusst sein, daß davon unmittelbare Auswirkungen auf einige hydrologische und wasserwirtschaftliche Fragestellungen ausgehen.

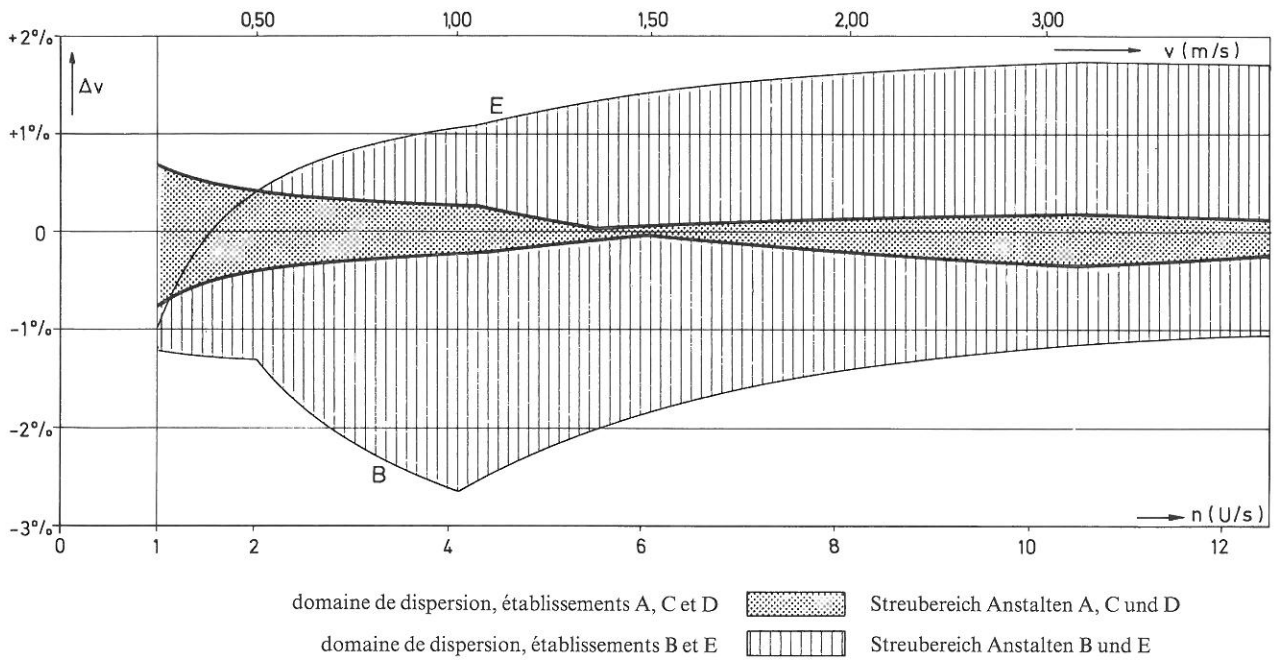


Fig. 9 Ecart relatif des dv par rapport à la moyenne des calibrages par A, C et D
Moulinet 1

Abb. 9 Relative Abweichungen von dv vom Mittelwert aus Kalibrierung bei A, C und D
Flügel 1

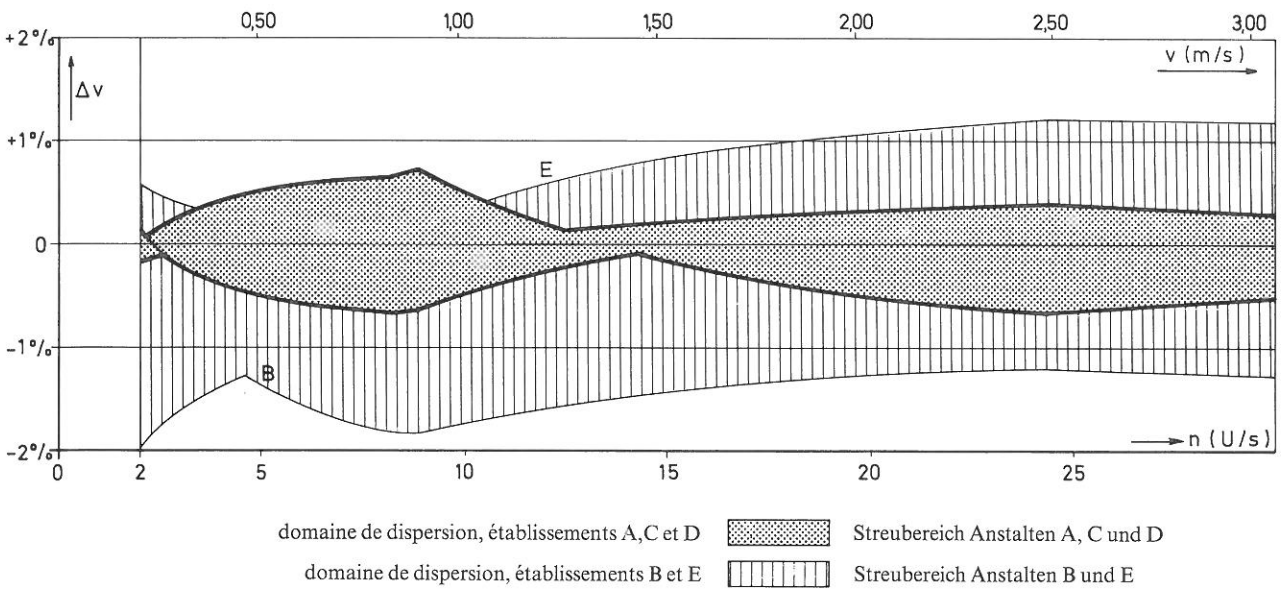


Fig. 10 Ecart relatif des dv par rapport à la moyenne des calibrages par A, C et D
Moulinet 2

Abb. 10 Relative Abweichungen von dv vom Mittelwert aus Kalibrierung bei A, C und D
Flügel 2

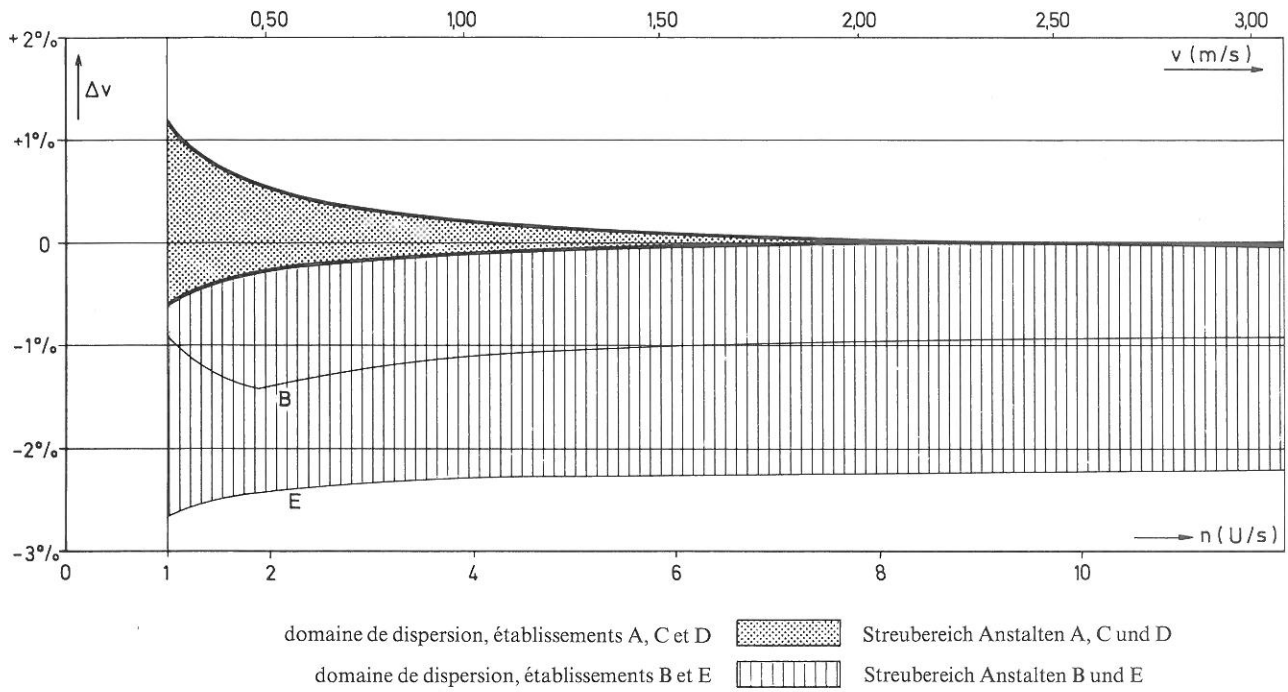


Fig. 11 Ecarts relatifs des dv par rapport à la moyenne des calibrages par A, C et D
Moulinet 3

Abb. 11 Relative Abweichungen von dv vom Mittelwert aus Kalibrierung bei A, C und D
Flügel 3

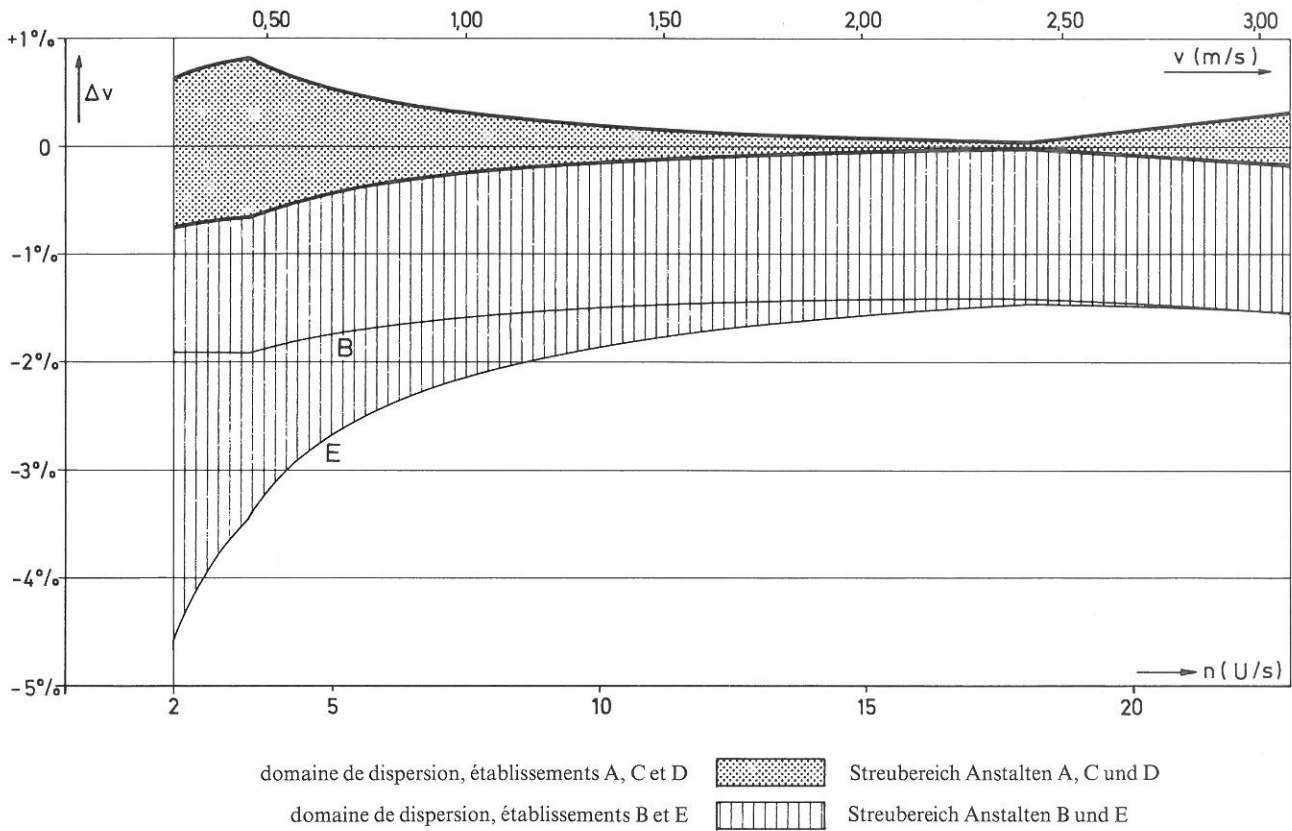


Fig. 12 Ecarts relatifs des dv par rapport à la moyenne des calibrages par A, C et D
Moulinet 4

Abb. 12 Relative Abweichungen von dv vom Mittelwert aus Kalibrierung bei A, C und D
Flügel 4

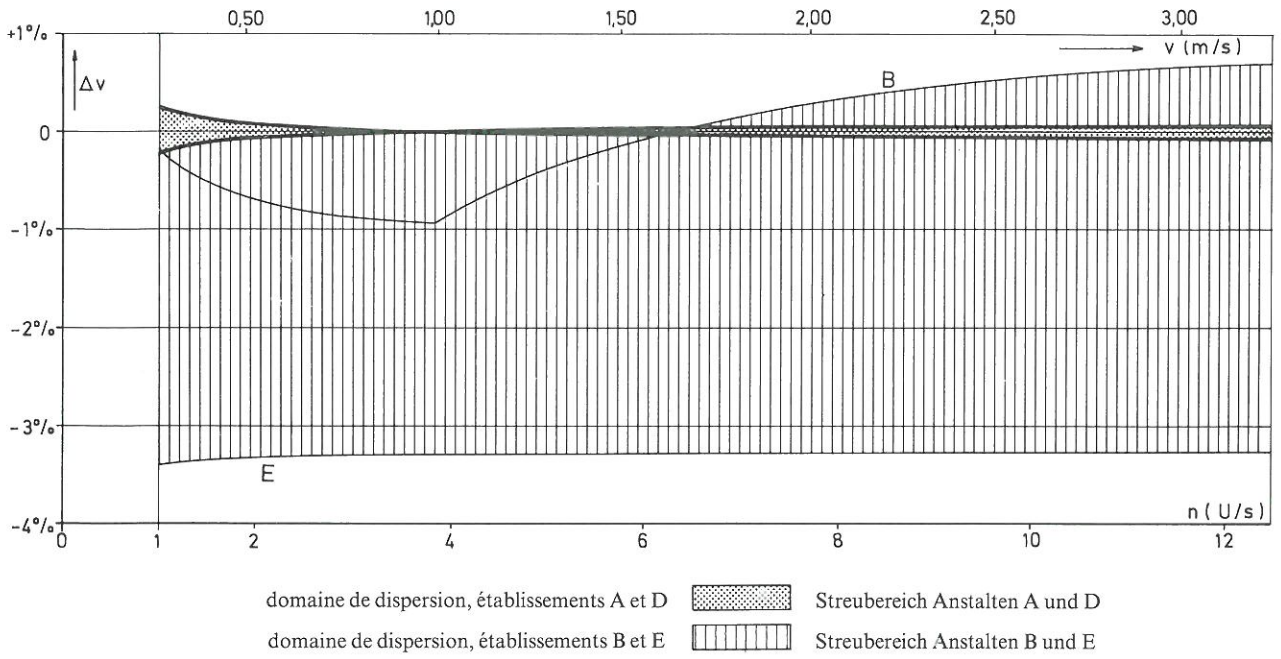


Fig. 13 Ecarts relatifs des dv par rapport à la moyenne des calibrages par A, D
Moulinet 5

Abb. 13 Relative Abweichungen von dv vom Mittelwert aus Kalibrierung bei A und D
Flügel 5

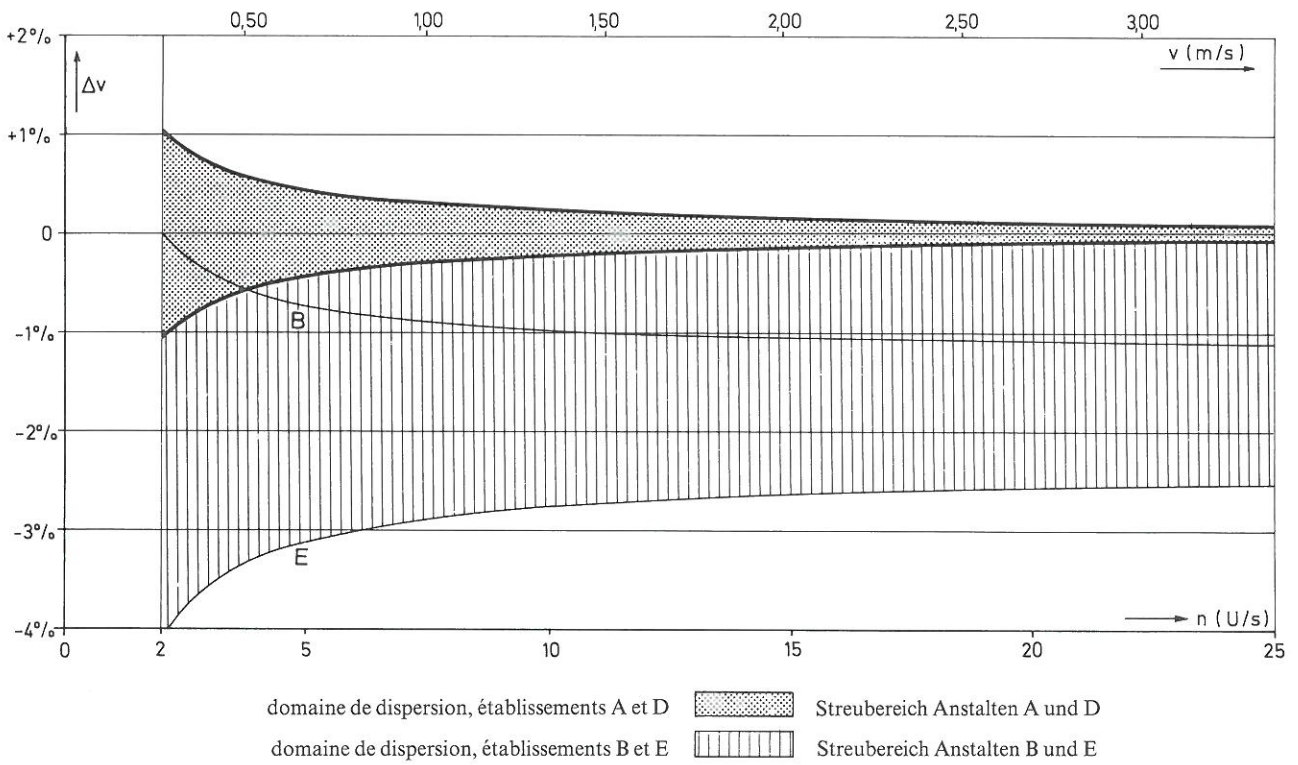


Fig. 14 Ecarts relatifs des dv par rapport à la moyenne des calibrages par A et D
Moulinet 6

Abb. 14 Relative Abweichungen von dv vom Mittelwert aus Kalibrierung bei A und D
Flügel 6

5.3 Dispersion des points de mesure

En plus des équations des moulinets, les établissements d'étalonnage ont livré également les résultats des mesures effectuées lors de chaque passage dans le canal. Le report graphique de ces points de mesure permet d'apprécier leur dispersion de part et d'autre des droites ajustées.

Les figures 15 à 17 sont construites de sorte que la droite ayant le plus vaste domaine de validité soit représentée sous forme d'une horizontale.

Pour l'installation A (fig. 15), on a choisi soit une seule droite (moulinet N° 1) ou deux droites. Mais à l'exception du moulinet N° 2, la première droite partielle ne couvre que le domaine des très petites vitesses ($< 0,2$ m/s).

Dans la plupart des cas, 20 passages ont été effectués, dont environ la moitié dans le domaine des vitesses $< 0,7$ m/s.

La dispersion des points de mesure varie fortement d'un moulinet à l'autre. Si l'on écarte les points de mesure présentant les plus fortes déviations – ce qui avec 20 points représente environ 95% de sûreté – on obtient pour les divers moulinets les marges de dispersion suivantes:

Moulinet	1	2	3	4	5	6
Dispersion (%) sécurité 0,95	$\pm 0,3$	$\pm 0,25$	$\pm 0,3$	$\pm 0,6$	$\pm 0,25$	$\pm 0,8$

On remarquera l'alignement des points pour les moulinets N° 4 et 6, qui paraissent décrire une courbe, avec un maximum et un minimum, plutôt qu'une droite.

La déviation positive présentée par les derniers points de mesure pour les moulinets N° 3, 4 et 6, peut probablement être attribuée à ce que l'on appelle »l'effet Epper« (voir paragraphe 6.1.2). Il en a été tenu compte lors de l'ajustement des droites d'étalonnage.

Dans le cas de l'établissement B (fig. 16), trois droites pour le moulinet N° 1, et deux droites pour tous les autres moulinets ont été ajustées à partir de 12 à 13 points de mesure. La moitié de ces points étaient situés dans le domaine des vitesses $< 0,5$ m/s.

La dispersion se présente ainsi:

Moulinet	1	2	3	4	5	6
Dispersion (%) sécurité 0,925	$\pm 0,6$	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,3$	$\pm 0,9$	$\pm 0,4$

5.3 Streuung der Meßpunkte

Von den Kalibrieranstalten wurden neben den Flügelgleichungen auch die Ergebnisse der einzelnen Meßfahrten mit angegeben, deren zeichnerische Auftragung die Streuung der Meßpunkte um die Ausgleichsgeraden erkennen läßt.

Die Abbildungen 15 bis 17 sind so aufgebaut, daß die Gerade mit dem größten Gültigkeitsbereich als Horizontale erscheint.

Bei Anstalt A (Abb. 15) wurde entweder nur eine Ausgleichsgerade (Flügel Nr. 1) oder zwei Geraden gewählt, wobei mit Ausnahme von Flügel Nr. 2 die erste Teilgerade nur für den Bereich sehr kleiner Fließgeschwindigkeiten (ca. $< 0,2$ m/s) gültig ist.

Pro Flügel wurden meist 20 Meßfahrten durchgeführt, etwa die Hälfte im Geschwindigkeitsbereich bis ca. $0,7$ m/s.

Die Streuung der Meßpunkte variiert stark bei den verschiedenen Flügeln. Läßt man jeweils den Meßpunkt mit der größten Abweichung außer Betracht – bei 20 Punkten entspricht dies ca. 95% Sicherheit – so ergibt sich folgender Streubereich für die einzelnen Flügel:

Flügel	1	2	3	4	5	6
Streubreite (%) bei $s \approx 0,95$	$\pm 0,3$	$\pm 0,25$	$\pm 0,3$	$\pm 0,6$	$\pm 0,25$	$\pm 0,8$

Auffallend ist der Punktverlauf bei Flügel Nr. 4 und 6, wo von den Punkten eher eine Kurve mit Maximum und Minimum statt eine Gerade beschrieben wird.

Die positiven Abweichungen der letzten Meßpunkte bei Flügel Nr. 3, 4 und 6 deuten evtl. auf den sogenannten »Eppereffekt« (siehe Abschnitt 6.1.2) hin. Bei der Festlegung der Ausgleichsgeraden wurde dies berücksichtigt.

Bei Anstalt B (Abb. 16) sind für Flügel Nr. 1 drei Geraden, sonst jeweils zwei Geraden festgelegt. Von den insgesamt 12-13 Meßpunkten liegt die Hälfte im Geschwindigkeitsbereich $< 0,5$ m/s.

Die Streubreite beträgt

Flügel	1	2	3	4	5	6
Streubreite (%) bei $s \approx 0,925$	$\pm 0,6$	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,3$	$\pm 0,9$	$\pm 0,4$

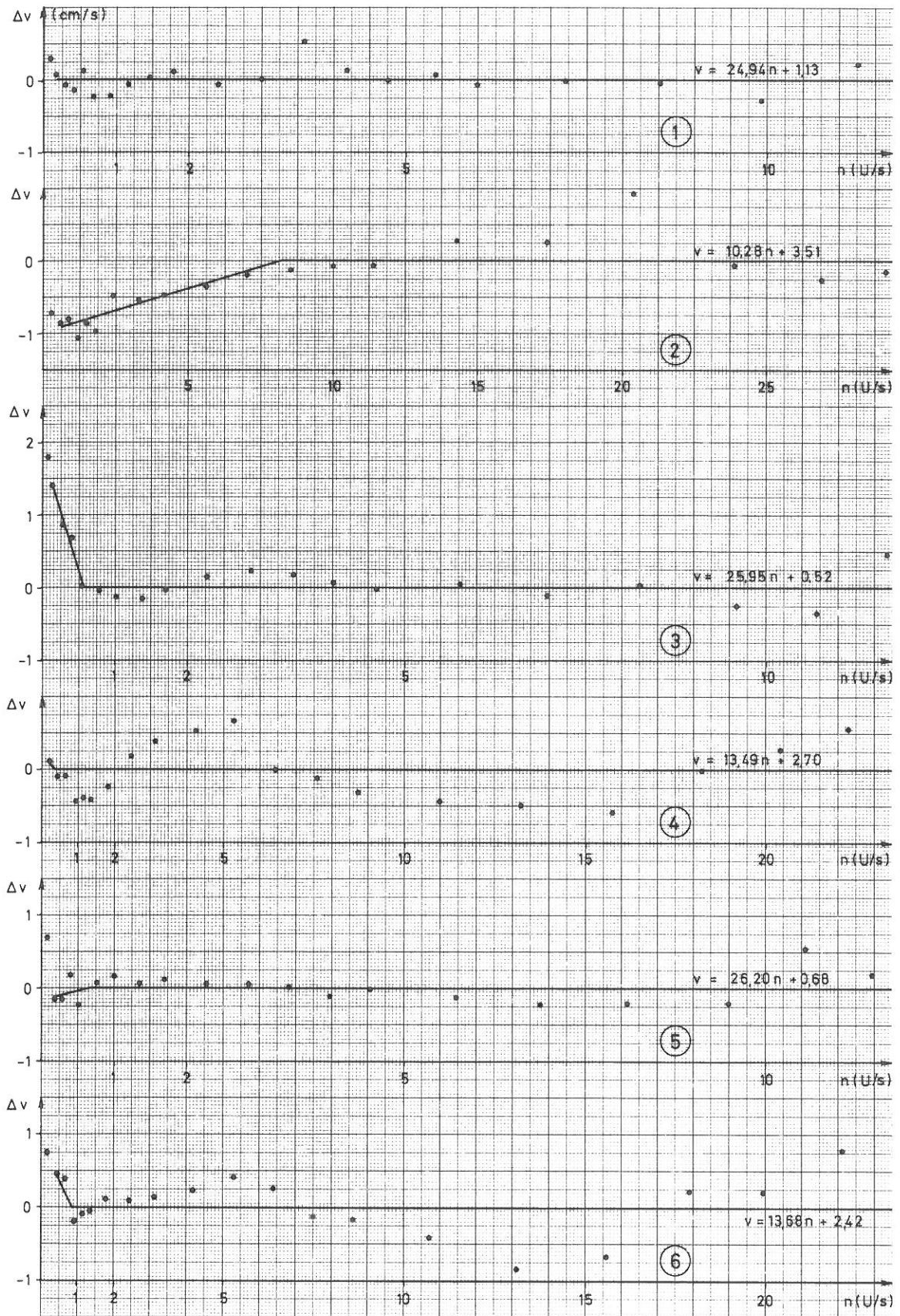


Fig. 15 Dispersion des points de mesure et ajustement des droites
Etablissement A

Abb. 15 Streuung der Meßpunkte und Festlegung der Geraden
Anstalt A

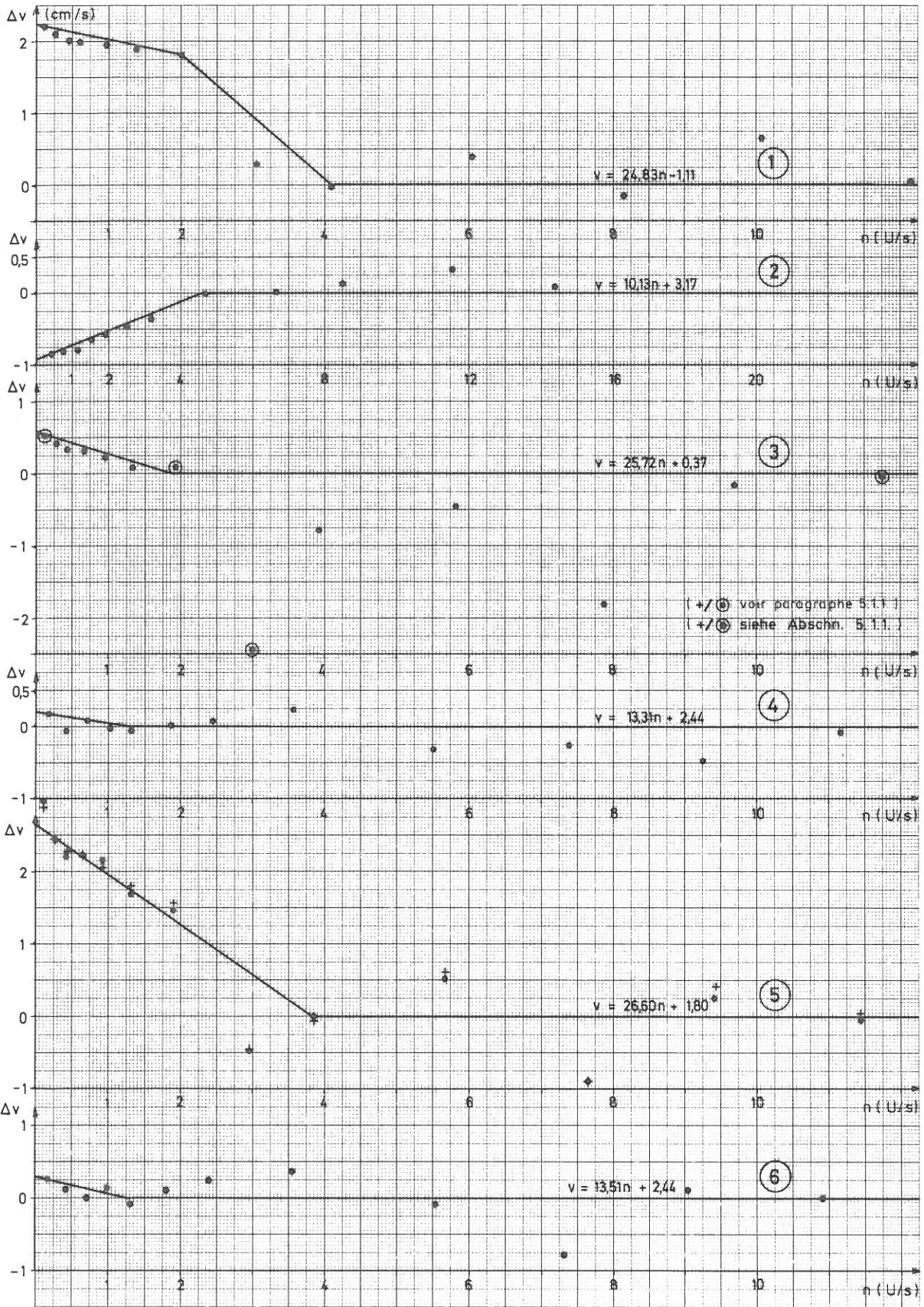


Fig. 16 Dispersion des points de mesure et ajustement des droites
Etablissement B

Abb. 16 Streuung der Meßpunkte und Festlegung der Geraden
Anstalt B

A noter la faible dispersion des points de mesure dans le domaine des petites vitesses, autour de la première droite, sur laquelle tombent plus de la moitié des points, ainsi que la dispersion passablement plus forte des points, moins nombreux, dans les domaines des vitesses moyennes et grandes. Cette répartition, systématique pour tous les moulinets utilisés, reflète une influence, également systématique, affectant le calibrage, et qui sera examinée dans le paragraphe 6.

Pour les moulinets N° 2 et 3, les points de mesure se situent tous d'un seul côté de la deuxième droite, si bien qu'on ne peut plus vraiment parler d'une droite ajustée.

Pour l'établissement C (fig. 17), la relation d'étalonnage consiste en une, trois ou même quatre droites. Les 12-14 points de mesure se situent pour moitié environ dans le domaine des vitesses $< 0,5$ m/s, et pour l'autre moitié, dans celui des vitesses moyennes et grandes.

La dispersion se présente ainsi:

Moulinet	1	2	3	4
Dispersion (%) sécurité 0,93	$\pm 0,25$	$\pm 0,25$	$\pm 0,2$	$\pm 0,1$

La répartition de la relation d'étalonnage en plusieurs droites conduit à une bande de tolérance très étroite.

Pour les moulinets N° 1, 2 et 4, les dernières droites ne sont déterminées que par un point unique, qui chaque fois se trouve dans les domaines des vitesses $> 2,8$ m/s. La question se pose donc ici de savoir si le dernier point n'est pas déjà influencé par »l'effet Epper« (voir paragraphe 6.1.2). Ce dernier point s'écarte du prolongement de la droite précédente de 1 à 1,5 cm/s. Selon l'établissement C, ce redressement de la relation serait dû à des bulles d'air apparaissant par aspiration, ainsi qu'à des vibrations de la perche.

L'établissement D (fig. 18) a effectué, pour chaque moulinet, huit passages de mesure, dont quatre dans le domaine des vitesses $< 0,5$ m/s, répartis selon des intervalles de vitesse pratiquement égaux, jusque vers environ 2,50 m/s.

Sauf pour le moulinet N° 3, pour lequel une seule droite suffit, la relation d'étalonnage consiste en deux équations de droite, avec le coude situé chaque fois aux environs de $v = 0,14$ m/s, soit à la vitesse du deuxième point de mesure. La première droite est pratiquement identique au segment reliant les deux premiers points de mesure et se trouve donc déterminée par le choix de l'intervalle de vitesse adopté pour les deux premiers passages du chariot de mesure. Pour chacun des six moulinets, la dispersion est inférieure à $\pm 0,25$ cm/s.

Auffallend ist die geringe Streubreite der Meßpunkte für den Bereich der ersten Geraden bei kleinen Geschwindigkeiten, auf den über die Hälfte der Meßpunkte fällt und die beträchtlich größere Streubreite der wenigen Meßpunkte im Bereich mittlerer und höherer Geschwindigkeiten. Diese Systematik bei allen einbezogenen Flügeln deutet auf systematische Einflüsse bei der Kalibrierung hin. Sie wird in Abschnitt 6 untersucht.

Bei den Flügeln Nr. 2 und 3 liegen die Meßpunkte auf einer Seite der zweiten Geraden, so daß hier nicht mehr von einer Ausgleichsgeraden gesprochen werden kann.

Bei Anstalt C (Abb. 17) besteht die Kalibrierbeziehung aus einer, drei und sogar vier Geraden. Die 12-14 Meßpunkte liegen etwa zur Hälfte im Geschwindigkeitsbereich bis ca. 0,5 m/s, zur anderen Hälfte im Bereich mittlerer und höherer Geschwindigkeit.

Die Streubreite beträgt

Flügel	1	2	3	4
Streubreite (%) bei $s \approx 0,93$	$\pm 0,25$	$\pm 0,25$	$\pm 0,2$	$\pm 0,1$

Die Unterteilung der Kalibrierbeziehung in mehrere Geraden führt zu einem sehr schmalen Toleranzband.

Bei den Flügeln Nr. 1, 2 und 4 wird der Verlauf der letzten Geraden von einem einzigen Meßpunkt bestimmt, der jeweils im Geschwindigkeitsbereich $> 2,8$ m/s liegt. Hier stellt sich die Frage, ob der letzte Punkt bereits vom »Eppereffekt« (siehe Abschnitt 6.1.2) beeinflusst ist. Von der »Verlängerung« der zuvor gültigen Geraden weicht der letzte Meßpunkt um 1-1,5 cm/s ab. Anstalt C nennt als Ursache für die erneut ansteigende Gerade Einflüsse von Luftablösungen und von Stangenschwingungen.

Bei Anstalt D (Abb. 18) wurden für jeden Flügel acht Meßfahrten durchgeführt, davon vier im Geschwindigkeitsbereich bis ca. 0,50 m/s, die übrigen in nahezu gleichen Abständen bis ca. 2,50 m/s.

Bis auf Flügel Nr. 3, wo eine einzige Flügelgleichung ausreicht, besteht die Kalibrierbeziehung aus zwei Geradengleichungen, wobei die Knickpunkte durchweg bei ca. $v = 0,14$ m/s, der Geschwindigkeit des zweiten Meßpunktes, liegen. Die erste Gerade ist nahezu identisch mit der Verbindung der ersten beiden Meßpunkte und wird somit entscheidend vom Geschwindigkeitsintervall der ersten beiden Meßfahrten bestimmt. Bei allen sechs Flügeln beträgt der Streubereich weniger als $\pm 0,25$ cm/s.

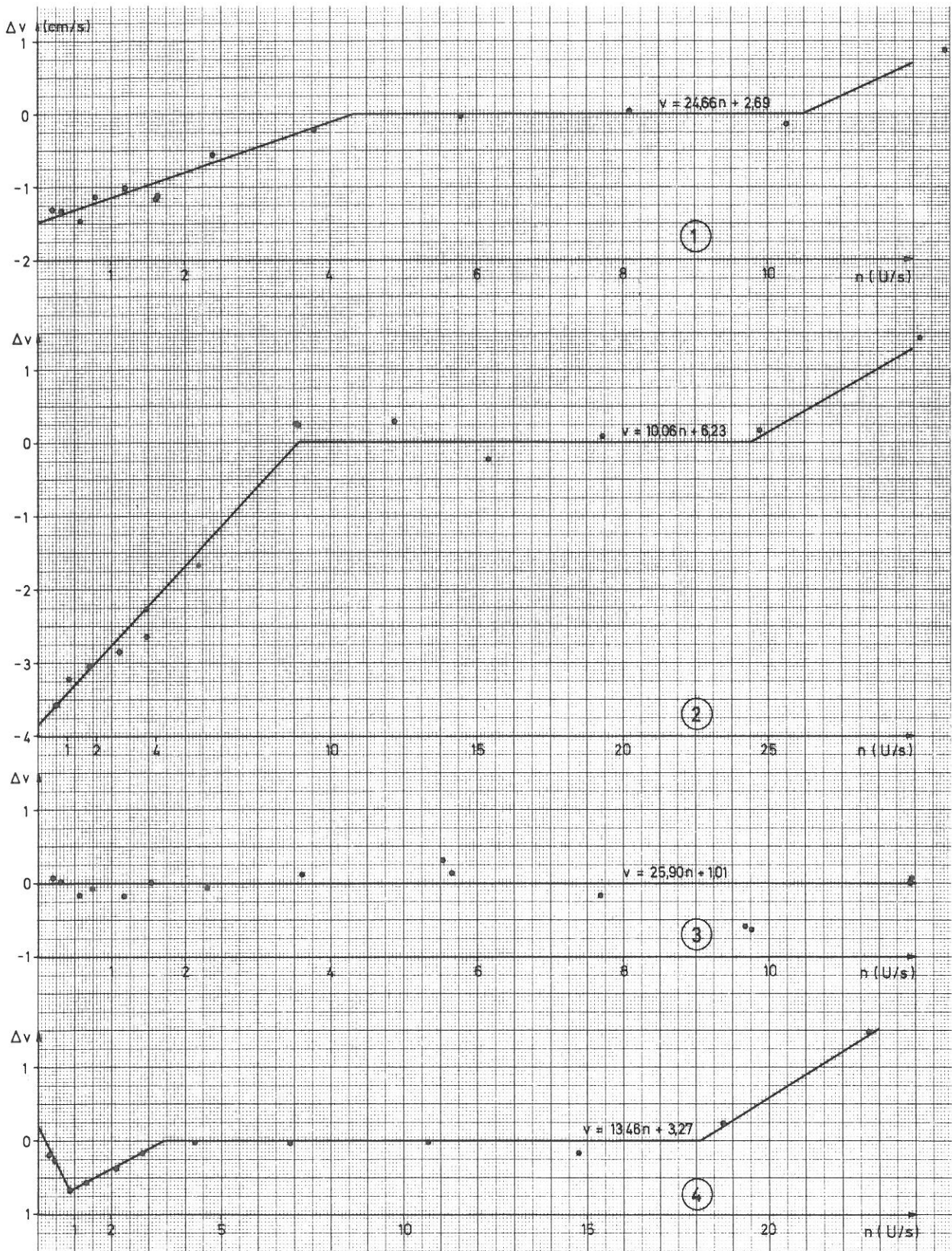


Fig. 17 Dispersion des points de mesure et ajustement des droites
Etablissement C

Abb. 17 Streuung der Meßpunkte und Festlegung der Geraden
Anstalt C

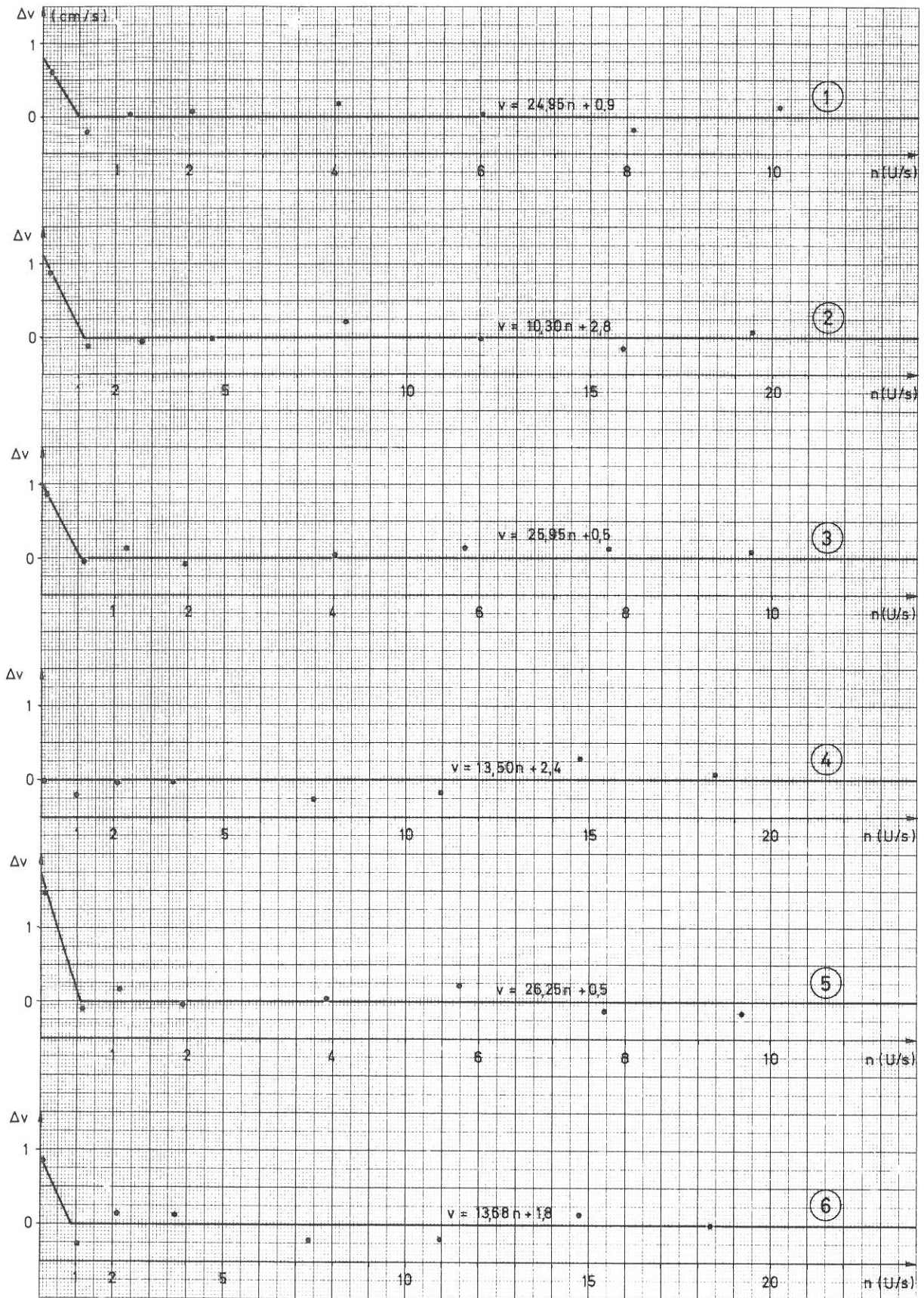


Fig. 18 Dispersion des points de mesure et ajustement des droites
Etablissement D

Abb. 18 Streuung der Meßpunkte und Festlegung der Geraden
Anstalt D

5.4 Différences entre l'étalonnage en conduite fermée et l'étalonnage en canal découvert

L'installation E, avec son canal couvert et en anneau, se distingue des autres installations d'étalonnage par son principe de mesure. Alors que, dans le cas des canaux d'étalonnage rectilignes, le moulinet est tiré dans l'eau immobile à partir d'un chariot tracté, l'eau est ici propulsée par des pompes, à une vitesse uniforme, mettant en rotation le moulinet maintenu en un point fixe, tout comme lors des mesures effectuées dans la nature. La vitesse d'écoulement de l'eau est mesurée avec un appareil à ultrasons, lui-même calibré au moyen d'un moulinet (type OTT C31 avec hélice de 125 mm Ø et un pas de 0,25 m) préalablement étalonné dans un canal normal. Les incertitudes éventuelles qui pourraient affecter l'étalonnage du moulinet de référence et le calibrage de l'instrument à ultrasons, se retrouveront donc systématiquement dans les étalonnages effectués ensuite avec l'installation E.

Les résultats de E s'écartent en effet de ceux obtenus avec les canaux droits; cependant les différences restent confinées dans des limites étroites. Les équations établies par E pour les petits moulinets (N° 1 et 2) donnent des vitesses de 0,5 à 1,7% trop élevées et pour les moulinets normaux Ott C31 (N° 3 et 4), des vitesses trop basses d'environ 2%. Il n'est pas possible, en raison de la taille réduite de l'échantillon disponible pour cette étude, d'affirmer que ces différences sont systématiques. L'institut E a d'ores et déjà entrepris une recherche dans ce sens.

Si, avec les moulinets suspendus N° 5 et 6, les différences sont plus grandes – comme décrit au paragraphe 6.1.3.1 – cela est dû simplement au fait que l'on a réutilisé les équations obtenues avec la perche, car il n'est pas possible d'étalonner le saumon avec l'installation E. Il est cependant recommandé d'adapter les équations obtenues avec le moulinet monté sur perche, au moyen de facteurs de correction (voir paragraphe 6.1.3.1), afin de les valider en tant qu'équations pour moulinets suspendus.

Une autre différence encore, entre E et les installations classiques, réside dans la gamme réduite des vitesses, qui ne peuvent dépasser 1,25 m/s. Les équations obtenues avec E doivent donc être largement extrapolées lors de l'utilisation des moulinets avec des vitesses élevées.

5.4 Unterschiede zwischen der Kalibrierung in Rohrgerinnen und in Schleppkanälen

Anlage E mit einem ringförmigen Rohrgerinne unterscheidet sich vom Meßprinzip her von den übrigen Kalibrieranlagen. Während bei den Kalibriergerinnen der Flügel von einem Schleppwagen durch das ruhende Wasser gezogen wird, strömt hier das Wasser – von Pumpen gesteuert – mit gleichförmiger Geschwindigkeit und bewegt wie bei Naturmessungen den in einem Punkt festgehaltenen Meßflügel. Die Wassergeschwindigkeit wird mit einer Ultraschallmeßanlage erfaßt, deren Kalibrierung ihrerseits mit einem im Schleppkanal kalibrierten Meßflügel (Typ Ott C31 mit Schaufel 125 mm Ø, 0,25 m Steigung) vorgenommen wurde. Mögliche Unsicherheiten bei der Kalibrierung des Referenzflügels und bei der Kalibrierung der Ultraschallmeßanlage gehen bei Anlage E systematisch in die Flügelkalibrierung ein.

Die Ergebnisse von E weichen zwar etwas von denen der Kanäle ab; jedoch halten sich die Unterschiede in engen Grenzen. Bei den Kleinflügeln Nr. 1 und 2 ergaben die Flügelgleichungen von E um 0,5-1,7% größere Geschwindigkeitswerte, bei den Normalflügeln Ott C31 (Nr. 3 und 4) um ca. 2% kleinere Werte. Eine Aussage, ob diese Unterschiede systematisch sind, läßt der geringe Stichprobenumfang dieses Ringversuchs nicht zu. Anstalt E hat bereits eine Untersuchung in die Wege geleitet.

Bei den Schwimmflügeln Nr. 5 und 6 ist – wie in Abschnitt 6.1.3.1 beschrieben – die Differenz größer, doch ist dies durch die unmittelbare Übernahme der Stangenflügelgleichung auch als Schwimmflügelgleichung bedingt. Da Anstalt E Schwimmflügelkalibrierung nicht vornehmen kann, wird empfohlen, die Flügelgleichungen für den Stangenflügel durch Korrekturfaktoren (siehe Abschnitt 6.1.3.1) in die Flügelgleichungen für den Schwimmflügel überzuführen.

Ein weiterer Unterschied zwischen E und den übrigen Anstalten liegt im erfaßten Meßbereich, der bei E auf den Geschwindigkeitsbereich <1,25 m/s beschränkt ist. Die Flügelgleichungen von E müssen deshalb für ihre Verwendung bei höheren Geschwindigkeiten sehr stark extrapoliert werden.

6. DISCUSSION DES SOURCES D'INCERTITUDE

Les sources d'incertitudes peuvent être classées selon leurs causes fondamentales:

- influences de l'installation de mesure (influences instrumentales);
- influences du mode opératoire;
- influences extérieures (influences environnementales);
- influences du personnel exécutant la mesure.

Selon le type d'incertitude, on peut distinguer entre déviations aléatoires et déviations systématiques, qui à leur tour peuvent être constantes ou variables. Les déviations systématiques peuvent être connues ou inconnues.

L'incertitude dans la mesure peut avoir un effet positif ou négatif sur le résultat. De plus, les effets de sources individuelles d'incertitude agissant ensemble, peuvent s'additionner ou au contraire s'éliminer, totalement ou partiellement [15].

Dans un rapport pour l'ICMG, Fischer [6] passe en revue de façon concise les sources d'erreur possibles lors d'étalonnages. Nous renvoyons le lecteur à ce rapport pour un exposé complet.

Nous ne discuterons ici que de certaines sources d'erreur, à propos desquelles cette étude comparative apporte quelques indices.

6.1 Influences de l'installation de mesure (influences instrumentales)

6.1.1 Saisie des variables de la mesure

Lors d'un étalonnage, trois variables sont mesurées, le temps t , le déplacement s et le nombre de tours U du moulinet. Il est évident que les tolérances dans la mesure de ces grandeurs doivent s'accorder les unes avec les autres.

Pour l'ensemble des établissements ayant participé à l'étude, l'auteur de ce rapport ne connaît dans le détail, ni la disposition des équipements, ni le schéma général de la mesure, ni les tolérances sur les trois grandeurs mesurées. Seul l'établissement B a joint à ses résultats les bandes originales d'enregistrement des mesures, qui vont être analysées ci-dessous; les conclusions qui suivent ne sont donc valables que pour B.

La tolérance sur la mesure du temps ne peut pas être déduite, même pour B, de ces enregistrements. Fischer [6] fait remarquer que dans les cas extrêmes, en tenant compte des erreurs possibles au départ et à

6. DISKUSSION VON UNSICHERHEITSQUELLEN

Unsicherheitsquellen können nach den Hauptursachen eingeteilt werden in:

- Einflüsse der Meßanlage (Geräteeinflüsse);
- Verfahrenseinflüsse;
- äußere Einflüsse (Umwelteinflüsse);
- persönliche Einflüsse des Meßpersonals.

Bei der Art der Unsicherheit kann unterschieden werden zwischen zufälligen Abweichungen und systematischen Abweichungen, die wiederum konstant oder variabel sein können. Systematische Abweichungen können bekannt oder unbekannt sein.

Die Unsicherheit beim Messen kann sich auf das Ergebnis positiv oder negativ auswirken. Dabei können sich die Auswirkungen einzelner Unsicherheitsquellen gleichgerichtet aufsummieren oder gegenseitig ganz oder teilweise aufheben [15].

In einem ICMG-Bericht von Fischer [6] sind Unsicherheitsquellen bei der Kalibrierung übersichtlich und zusammenfassend beschrieben; es wird auf diesen Bericht verwiesen.

Einige Unsicherheitsquellen, für die sich bei der Analyse des Ringversuchs Anhaltspunkte zeigen, werden im folgenden diskutiert.

6.1 Einflüsse der Meßanlage (Geräteeinflüsse)

6.1.1 Erfassung der Meßparameter

Bei der Kalibrierung werden die drei Parameter Zeit t , Weg s und Flügelumdrehungen U gemessen. Es ist einleuchtend, daß die Meßtoleranzen dieser Größen aufeinander abgestimmt sein müssen.

Die Geräteausstattung, die Meßkonzeption und die Meßtoleranzen der drei Meßgrößen bei den einzelnen Anstalten sind dem Berichtersteller im Detail nicht bekannt. Lediglich von Anstalt B wurden die Originalmeßstreifen, die im folgenden analysiert werden, dem Kalibrierergebnis beigelegt. Die folgenden Aussagen gelten damit ausschließlich für Anlage B.

Die Toleranz der Zeitmessung ist auch bei Anstalt B aus den Aufzeichnungen nicht erkennbar. Fischer [6] weist darauf hin, daß im Extremfall unter Berücksichtigung möglicher Start- und Stoppfehler bei einer Zeit-

l'arrêt, avec une résolution de 1/100 s, une incertitude de 1,6% peut intervenir, si bien que dans certains cas, spécialement avec les vitesses élevées et sur de courtes distances, une résolution de 1/1000 s serait nécessaire.

Schéma général des mesures adopté jusqu'ici par l'établissement B:

a) Exécution d'un passage	avec	avec
	$v \leq 0,5 \text{ m/s}$	$v > 0,5 \text{ m/s}$
Présélection du temps:	100 s	10 s
Mesure du nombre de tours correspondant:	U (Nb entier)	
Mesure du chemin parcouru:	dm	cm

b) Mesures répétées
3 à 5 passages sont exécutés pour chaque vitesse prévue.

- c) Exploitation des mesures
- La moyenne des mesures répétées donne un point de mesure (n/v)
 - Report à grande échelle des points de mesure sur papier millimétré
 - Tracé des droites par ajustement optique

Les valeurs déterminant les points de mesure (moyenne des passages répétés) sont arrondies, pour n à 1/100 U/s et pour v au mm/s. Lors de cette opération, des valeurs légèrement divergentes sont obtenues dès le premier chiffre après la virgule. Pour le moulinet N° 5, ces valeurs sont indiquées par le signe »+« dans la figure 16. Les droites ajustées s'écartent quelque peu de ces points »+«.

Par exemple, avec le moulinet N° 3 (fig. 16), ce procédé de mesure donne:

auflösung von 1/100 s eine Unsicherheit von 1,6% auftreten kann, so daß in einigen Fällen, insbesondere bei hohen Geschwindigkeiten mit nur kurzen Meßstrecken eine Zeitauflösung von 1/1000 s erforderlich wird.

Anlage B wandte bisher folgende Konzeption an:

a) Durchführung einer Meßfahrt	bei	bei
	$v \leq 0,5 \text{ m/s}$	$v > 0,5 \text{ m/s}$
Vorgabe der Meßzeit:	100 s	10 s
Messung der zugehörigen Umdrehungen:	U (volle Umdrehungen)	
Messung des zugehörigen Weges:	dm	cm

b) Wiederholungsmessungen
Für jede vorgegebene Geschwindigkeit (Einstellung am Meßwagen) werden 3 bis 5 Meßfahrten durchgeführt.

- c) Auswertung
- Die Mittelung der Ergebnisse der Wiederholungsmessungen ergibt einen Meßpunkt (n/v)
 - Großmaßstäbliche Auftragung der Meßpunkte auf Millimeterpapier
 - Festlegung der Ausgleichsgeraden durch »optischen« Ausgleich

Die Werte der Meßpunkte (Mittel der einzelnen Meßfahrten) sind gerundet, bei n auf 1/100 U/s, bei v auf mm/s. Bei einer Rundung erst bei der nächsten Dezimalstelle ergeben sich geringfügig abweichende Werte. Für Flügel Nr. 5 sind diese mit + gekennzeichnet in Abbildung 16 eingetragen. Die Ausgleichsgeraden für die + Punkte weichen etwas ab.

Am Beispiel von Flügel Nr. 3 (Abb. 16) sei dieses Meßprinzip erläutert:

Passage/ Meßfahrt	Point de mesure/ Meßpunkt 1			7			8			13		
	t (s)	U	s (m)	t (s)	U	s (m)	t (s)	U	s (m)	t (s)	U	s (m)
1	100	12	4,0	100	193	50,0	10	30	7,51	10	117	30,33
2	100	12	4,0	100	193	50,0	10	30	7,51	10	117	31,15
3	100	12	4,1	100	192	50,0	10	30	7,51	10	118	30,28
4		-			-		10	30	7,50	10	118	30,31
5		-			-			-		10	118	30,33

En prenant la moyenne des résultats de chaque passage, on obtient les points de mesure suivants, représentés par le signe »○« dans la figure 16:

Durch Mittelung der Ergebnisse der einzelnen Meßfahrten ergeben sich folgende Meßpunkte, die in Abbildung 16 durch »○« gekennzeichnet sind:

Point de mesure/ Meßpunkt	n (U/s)	v (m/s)
1	0,12	0,040
7	1,93	0,500
8	3,00	0,751
13	11,76	3,028

En appliquant le schéma de mesure exposé plus haut, présélection du temps avec comptage du nombre de tours et mesure du déplacement, les incertitudes dont la description va suivre affectent ces deux variables.

Nombre de tours: Les moulinets testés dans cette étude sont conçus de façon à ce que chaque tour complet provoque une impulsion. Une incertitude aléatoire se manifeste donc, aussi bien lors des départs que lors des arrêts. Au départ, le premier contact peut se présenter presque immédiatement et, dans ce cas, on comptera ainsi une impulsion de trop. Inversement, lors de l'arrêt, le dernier contact peut manquer de justesse et on comptera alors un tour en moins. Ces erreurs au départ et à l'arrêt sont indépendantes, les unes des autres si bien qu'en définitive on peut compter presque un tour complet en trop, ou en moins.

Pour des passages effectués dans différents domaines de la gamme des vitesses, on a obtenu la dispersion suivante:

Point de mesure/ Meßpunkt	nombre de tours affiché/ anzeigte Umdrehungen	dispersion du nombre de tours/ Streubereich der anzeigten Umdrehungen	incertitude (%) / Unsicherheit (%)
1	12	12 ± 1	± 8,33
7	193	193 ± 1	± 0,5
8	30	30 ± 1	± 3,33
13	118	118 ± 1	± 0,8

On a essayé de réduire cette incertitude en prenant la moyenne des résultats de plusieurs passages répétés. Cependant il s'est avéré que, la plupart du temps, la réduction attendue était insignifiante quand encore elle se manifestait. La forte dispersion des points de mesure, de la figure 16 en particulier, après le passage d'un temps de mesure de 100 s à 10 s, provient certainement de cet effet.

L'influence du comptage incomplet de la première et de la dernière révolution apparaît dans la figure 16 également, en comparant les moulinets N° 3 et 5 (moulinet normal avec hélice de 125 mm Ø) et les moulinets N° 4 et 5 (moulinets à vitesses de rotation élevée, avec hélice de 80 mm Ø). Avec ces deux derniers moulinets, la dispersion des points de mesure est nettement moindre.

Bei dem oben beschriebenen Meßprinzip, Vorgabe der Meßzeit und Messung der zugehörigen Umdrehungen und des zugehörigen Weges, ergeben sich folgende Unsicherheiten für die beiden Parameter.

Umdrehungen: Bei den in diesen Ringversuch einbezogenen Meßflügeln ergibt jede volle Umdrehung einen Flügelimpuls. Sowohl beim Starten als auch beim Stoppen liegt eine zufällige Unsicherheit vor. Beim Start kann der erste Kontakt gerade bevorstehen; in diesem Fall wird ein zusätzlicher Impuls erfaßt. Ebenso verhält es sich beim Stoppen, doch kann hier bis zu ein Impuls zuwenig erfaßt sein. Start- und Stoppfehler sind voneinander unabhängig; es kann somit fast eine volle Umdrehung zuviel oder zu wenig angezeigt werden.

Für die einzelnen Meßfahrten in verschiedenen Geschwindigkeitsbereichen ergibt sich folgender Streubereich:

Durch mehrere Wiederholungsmessungen mit anschließender Mittelung der Ergebnisse wurde versucht, diese Unsicherheit auszugleichen. Es zeigt sich jedoch, daß durch die Mittelung der Ergebnisse der einzelnen Meßfahrten die Unsicherheit meist nur geringfügig und nicht immer reduziert wird. Die starke Streuung der Meßpunkte in Abbildung 16, insbesondere nach Umstellung der Meßzeit von 100 s auf 10 s, dürfte entscheidend auf diesen Einfluß zurückzuführen sein.

Der Einfluß der unvollständigen Erfassung der ersten und letzten Umdrehung zeigt sich in Abbildung 16 auch beim Vergleich der Flügel Nr. 3 und 5 (Normalflügel mit Schaufel 125 mm Ø) mit Flügel Nr. 4 und 6 (»Schnellläufer« mit Schaufel 80 mm Ø). Die letztgenannten Flügel zeigen eine deutlich geringere Streuung der Meßpunkte.

Déplacement: Pour les faibles vitesses (<0,5 m/s), ce sont des dm entiers et avec les vitesses élevées, des cm entiers qui sont comptés. On obtient ainsi la dispersion suivante des mesures de longueur:

Point de mesure/ Meßpunkt	déplacement affiché (m)/ anzeigter Weg (m)	dispersion des val. déplacement/ Streubereich des anzeigten Weges	incertitude (%)/ Unsicherheit (%)
1	4,0	4,0 ± 0,1	± 2,5
7	50,0	50,0 ± 0,1	± 0,2
8	7,51	7,51 ± 0,01	± 0,13
13	30,28	30,28 ± 0,01	± 0,03

En relevant le déplacement en cm entiers ou, mieux, en mm entiers, on peut pratiquement éliminer cette incertitude.

Les incertitudes aléatoires décrites ici, avec leurs effets et leur importance dans les limites données, interviennent uniquement dans le cas où la valeur finale est mesurée à l'aide d'un compteur digital. Avec un enregistrement en continu de toutes les impulsions, comme par exemple avec le chronographe traditionnel à bande, une interpolation est possible et par là l'exploitation plus précise.

6.1.2 L'effet Epper

Selon [6], l'effet Epper peut se produire quand la vitesse de déplacement correspond à la vitesse v_k de propagation de la vague de fond. Cette vitesse critique v_k dépend de la profondeur du canal: $v_k = \sqrt{g \cdot h}$, avec g = accélération de la pesanteur et h = profondeur de l'eau.

Le renflement de la vague, produite par la progression du moulinet et de sa fixation, provoque un accroissement de la section et par là une diminution de la vitesse relative. L'apparition de ce phénomène a lieu dans un domaine de vitesse relativement étroit, entre $0,5 \cdot v_k$ et $1,5 \cdot v_k$ environ, soit pour les canaux considérés dans cette étude, entre 2 et 6 m/s. Les limites exactes entre lesquelles se produit l'effet Epper, ainsi que son intensité, dépendent en plus de la largeur du canal, de la position du moulinet dans celui-ci, et aussi de sa fixation.

Dans les figures 15 à 17, on voit pour plusieurs moulinets, les derniers points dévier distinctement de la droite valable jusque là (voir aussi paragraphe 5.3), ce qui fait bien penser à l'effet Epper. Lors de l'ajustement des droites, ces points ont été pris en compte de diverses façons. Un accord à ce sujet, entre les différents instituts serait souhaitable.

Weg: Bei kleinen Geschwindigkeiten (<0,5 m/s) werden volle dm, bei größeren Geschwindigkeiten volle cm erfaßt. Es ergibt sich daraus folgender Streubereich:

Durch Erfassung des Weges in vollen cm oder besser in vollen mm läßt sich diese Unsicherheitsquelle nahezu ausschalten.

Die beschriebenen hinsichtlich ihrer Auswirkung und Größe in den aufgezeigten Grenzen zufälligen Unsicherheiten treten dann auf, wenn lediglich die Meßendwerte mit einem Zählgerät festgehalten werden. Eine kontinuierliche Registrierung der einzelnen Impulse, z.B. mit dem traditionellen Bandchronographen, ermöglicht eine Interpolation und somit eine genauere Auswertung.

6.1.2 Eppereffekt

Nach [6] kann der Eppereffekt auftreten, wenn die Schleppegeschwindigkeit mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit v_k der Grundwelle übereinstimmt. Diese kritische Geschwindigkeit v_k ist von der Kanaltiefe abhängig: $v_k = \sqrt{g \cdot h}$, mit: g = Erdbeschleunigung und h = Wassertiefe.

Der vom Flügel und der Halterung erzeugte Wellenberg, der sich mit dem Instrument fortbewegt, bewirkt eine Erhöhung des Querschnitts und somit eine Verminderung der Relativgeschwindigkeit. Diese Erscheinung kann in einem schmalen Geschwindigkeitsbereich in den Grenzen von ca. $0,5$ bis $1,5 \cdot v_k$ auftreten, bei den einbezogenen Gerinnen zwischen ca. 2 und 6 m/s. Der jeweilige Geschwindigkeitsbereich und die Intensität des Eppereffekts sind außerdem von Gerinnebreite, Flügelhalterung und der Position des Flügels im Gerinne abhängig.

In den Abbildungen 15 bis 17 weichen bei mehreren Flügeln die letzten Meßpunkten von der zuvor gültigen Ausgleichsgeraden deutlich ab (siehe auch Abschnitt 5.3), was auf Auswirkungen des Eppereffektes hinweist. Bei der Festlegung der Geraden werden diese Punkte unterschiedlich behandelt. Eine Abstimmung zwischen den Anstalten wäre zu begrüßen.

6.1.3 Influence du mode de fixation

6.1.3.1 Différences entre les équations de moulinets à la perche et de moulinets suspendus

Dans ce paragraphe, on examine la question de l'ordre de grandeur d'éventuelles différences entre les paramètres d'équations obtenues, le moulinet étant dans un cas fixé sur une perche et dans un autre cas suspendu à un câble. Il y a deux raisons de se poser cette question:

- a) Dans la pratique courante hydrométrique, les moulinets sont pourvus d'une fixation interchangeable, convenant à une perche de 20 mm \varnothing aussi bien qu'à des saumons de 25, 50 ou 100 kg. Pour des raisons de coût essentiellement, les services d'économie hydraulique demandent souvent s'il est absolument indispensable de procéder à un étalonnage distinct pour chacun de ces modes de fixation, ou si les résultats obtenus avec l'un d'eux ne peuvent pas être transférés et utilisés avec l'autre mode de fixation, en appliquant éventuellement un facteur correctif.
- b) L'établissement E ne peut étalonner que les moulinets fixés sur une perche et ses résultats sont donc utilisés directement, sans facteur correctif, quand les moulinets sont utilisés par la suite en mode suspendu.

Dans les directives, manuels et autre littérature, on recommande toujours un étalonnage particulier pour chaque type de montage, tout en admettant qu'il est possible de dériver les équations du moulinet suspendu de celles établies à la perche, dans le cas où l'on doit renoncer au coûteux étalonnage avec le très encombrant saumon de 100 kg.

D'après des comparaisons d'équations obtenues par le Service de l'économie hydraulique du »Land« de Bavière [4], [10], les différences entre les étalonnages de moulinets à la perche et les étalonnages de moulinets au saumon s'élèvent en général au plus à 1%, et rarement parfois jusqu'à 1,5%. Pour transformer les résultats d'un étalonnage à la perche, en valeurs utilisables avec le moulinet suspendu, les relations suivantes sont recommandées:

$$\begin{aligned}v_{50\text{kg}} &= 1,004 \cdot v_{\text{perche}} \\v_{100\text{kg}} &= 1,010 \cdot v_{\text{perche}}\end{aligned}$$

Afin de pouvoir estimer les différences entre les équations de moulinets montés sur perche et les équations de moulinets suspendus, dans le cadre de cette comparaison, on a représenté ensemble à la figure 19 les résultats de A, B et D, pour deux paires de moulinets.

6.1.3 Einfluß der Befestigungsart

6.1.3.1 Unterschiede zwischen den Flügelgleichungen von Stangenflügeln und Schwimmflügeln

Im folgenden Abschnitt wird die Frage aufgegriffen, ob und in welcher Größenordnung Unterschiede zwischen den Flügelgleichungen von Stangenflügeln und von Schwimmflügeln bestehen. Diese Frage stellt sich aus zwei Gründen:

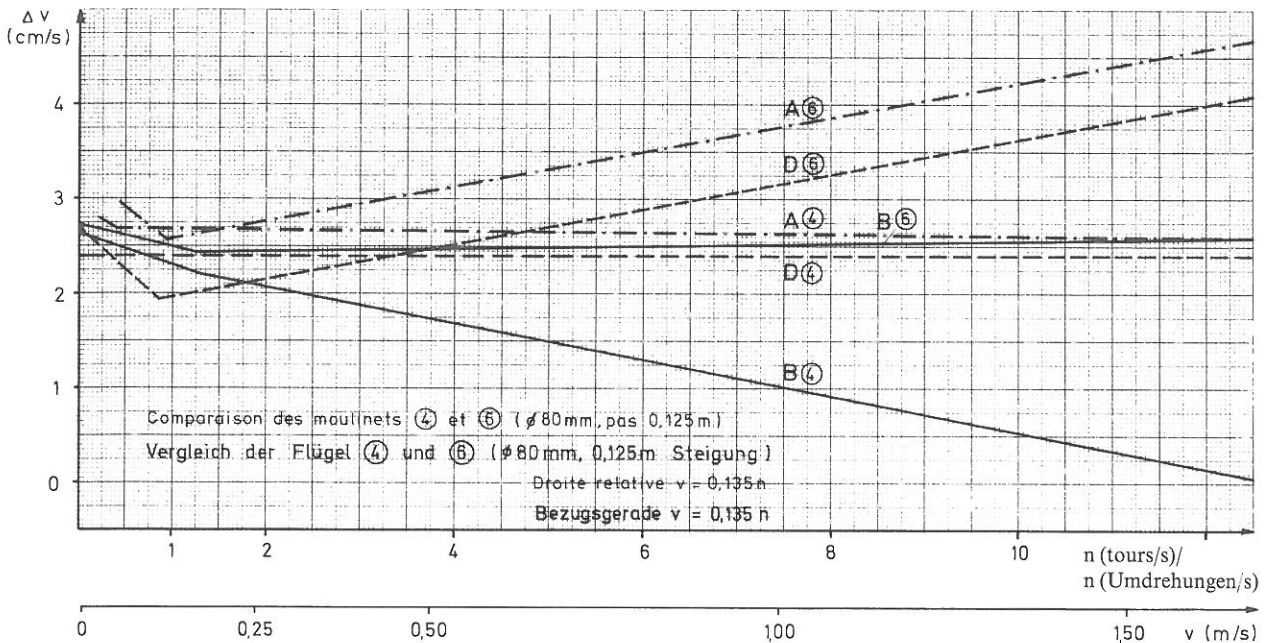
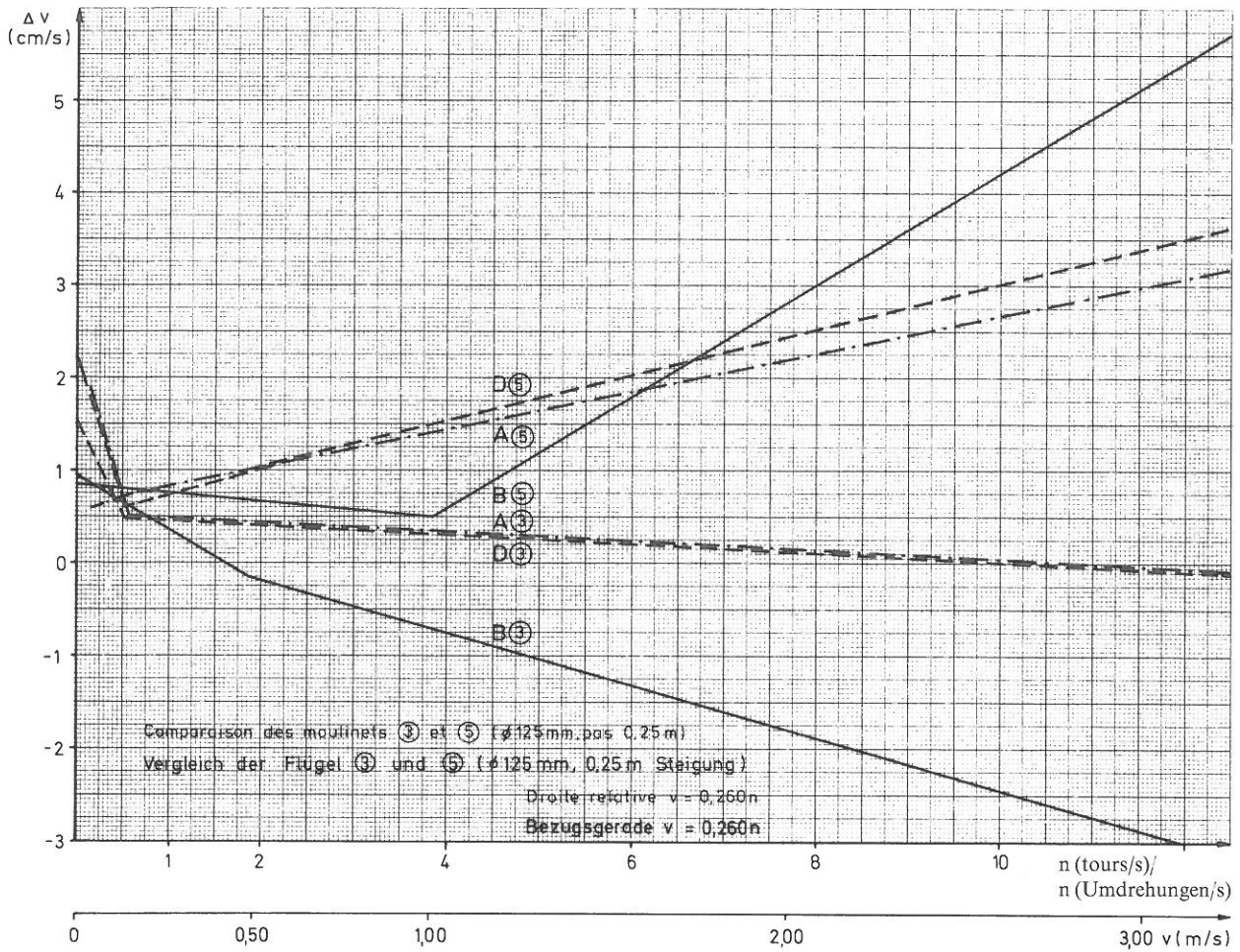
- a) In der wasserwirtschaftlichen Praxis werden Meßflügel häufig mit unterschiedlichen Befestigungsvorrichtungen eingesetzt, überwiegend an einer Stange 20 mm \varnothing und als Schwimmflügel mit 25 kg-, 50 kg- oder 100 kg-Mittelstück. Insbesondere aus Kostengründen wird von wasserwirtschaftlichen Dienststellen häufig die Frage gestellt, ob für jede dieser Befestigungsarten unbedingt individuell kalibriert werden muß oder ob das Ergebnis einer Montageart – evtl. mit »Korrekturfaktoren« angepaßt – auch auf andere Befestigungsarten übertragen werden kann.
- b) Bei Anstalt E können Flügel nur an der Stange kalibriert werden, wobei das Ergebnis unmittelbar – also ohne »Korrekturfaktor« – auf den Schwimmflügel übertragen wird.

In Richtlinien, Handbüchern und in der Literatur wird eine individuelle Kalibrierung für jede Montageart gefordert, doch wird es auch für möglich gehalten, unter Verzicht auf die aufwendige Kalibrierung mit den unhandlichen 100 kg-Mittelstücken die Flügelgleichung für den Schwimmflügel aus der Flügelgleichung des Stangenflügels herzuleiten.

Nach vergleichenden Auswertungen von Flügelgleichungen des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft [4], [10] betragen die Unterschiede zwischen Stangen- und Schwimmflügelkalibrierung höchstens 1%, selten auch bis 1,5%. Bei einer Umrechnung der Prüfergebnisse von Stangenflügel auf Schwimmflügel werden dort folgende Beziehungen empfohlen:

$$\begin{aligned}v_{50\text{kg}} &= 1,004 \cdot v_{\text{Stange}} \\v_{100\text{kg}} &= 1,010 \cdot v_{\text{Stange}}\end{aligned}$$

Zur Abschätzung der Unterschiede zwischen den Flügelgleichungen von Stangenflügel und Schwimmflügel bei dem hier beschriebenen Vergleich, sind in Abbildung 19 die Ergebnisse von A, B und D für zwei Flügelpaare gegenübergestellt.



Etalonnage des mêmes moulinets
 sur perche de 20 mm \varnothing ③ ④
 et suspendus avec saumon de 100 kg ⑤ ⑥

Kalibrierung derselben Flügel
 an Stange 20 mm \varnothing ③ ④
 und als Schwimmflügel mit 100kg-Mittelstück ⑤ ⑥

Fig. 19 Influence du mode de fixation

Abb. 19 Einfluß der Befestigungsart

La comparaison, tant des équations des moulinets N° 3 et 5 que celles des N° 4 et 6, montre sans ambiguïté des vitesses plus élevées lors de l'utilisation des équations pour moulinets suspendus.

Der Vergleich sowohl der Flügelgleichungen von Flügel Nr. 3 mit Nr. 5 als auch von Flügel Nr. 4 mit Nr. 6 ergibt eindeutig größere Geschwindigkeiten nach der Schwimmflügelgleichung:

domaine de v (m/s)/ v-Bereich (m/s)	dv (%) (moulinet suspendu – moulinet sur perche)/ dv (%) (Schwimmflügel – Stangenflügel)		
	A	B	D
0,50	+ 1,1	+ 1,7	+ 1,2
1,00	+ 1,0	+ 1,2	+ 1,1
2,00	+ 1,0	+ 2,3	+ 1,1
3,00	+ 1,0	+ 2,7	+ 1,2

Comparaison des moulinets N° 5 et 3

Vergleich der Flügel Nr. 5 und 3

domaine de v (m/s)/ v-Bereich (m/s)	dv (%) (moulinet suspendu – moulinet sur perche)/ dv (%) (Schwimmflügel – Stangenflügel)		
	A	B	D
0,50	+ 0,8	+ 1,4	+ 0,2
1,00	+ 1,1	+ 1,5	+ 0,8
1,50	+ 1,2	+ 1,5	+ 1,0

Comparaison des moulinets N° 6 et 4

Vergleich der Flügel Nr. 6 und 4

Les écarts relatifs se déplacent à l'intérieur d'une étroite bande de dispersion, qui témoigne clairement d'une influence systématique. Entre les établissements A et D, la différence, pratiquement constante se situe vers 1%, alors que pour l'établissement B elle se place entre 1,2 et 2,7%.

Die relativen Abweichungen bewegen sich in einem schmalen Streuband, was auf einen klaren systematischen Einfluß schließen läßt. Bei den Anstalten A und D liegt der Unterschied nahezu konstant bei ca. +1%, bei Anstalt B im Bereich 1,2 bis 2,7%.

Un ordre de grandeur similaire ressort de la comparaison des figures 11 et 13 ainsi que des figures 12 et 14, pour ce qui est des déviations des résultats de E, par rapport aux moyennes de A, C et D, ou de A et D seulement. Comme pour l'établissement E on a conservé, inchangées, les équations des moulinets sur perche N° 3 et 4, pour servir aux moulinets suspendus N° 5 et 6, la différence de la dispersion de E fournit une mesure de l'influence du type de fixation. La différence entre les moulinets N° 5 et 6, comparée à celle entre les N° 3 et 4 reste presque constante, autour de +1%, dans presque toute la gamme des vitesses. Par exemple, dans la figure 13, les résultats de E pour $n = 4$ t/s (environ $v = 1$ m/s) s'écartent de 3,3% de la moyenne de A et D et dans la figure 11, ils s'écartent de 2,3% de la moyenne de A, C et D. La différence est donc de $3,3\% - 2,3\% = 1\%$. Les résultats de notre comparaison confirment donc l'influence du type de fixation citée dans la littérature.

Eine ähnliche Größenordnung zeigt sich beim Vergleich der Abbildungen 11 und 13 sowie 12 und 14 hinsichtlich der Abweichungen der Ergebnisse der Anstalt E vom Mittelwert von A, C und D bzw. von A und D. Da bei Anstalt E für die Schwimmflügel Nr. 5 und 6 die Flügelgleichungen der entsprechenden Stangenflügel Nr. 3 bzw. 4 unverändert herangezogen wurden, stellt der Unterschied des Streubereiches von E ein Maß für den Einfluß der Befestigungsart aus. Fast im gesamten Geschwindigkeitsbereich beträgt der Unterschied von Flügel Nr. 5 und 6 gegenüber Flügel Nr. 3 bzw. 4 nahezu konstant +1%. In Abbildung 13 zum Beispiel weicht das Ergebnis von E bei $n = 4$ U/s (ca. $v = 1$ m/s) um 3,3% vom Mittel aus A und D ab, in Abbildung 11 um 2,3% vom Mittel aus A, C und D; der Unterschied beträgt $3,3\% - 2,3\% = 1\%$. Die Ergebnisse dieses Vergleichs bestätigen damit die in der Literatur genannten Einflüsse der Befestigungsart:

Si un jaugeage au moulinet suspendu est exploité en utilisant les équations du moulinet sur perche, le débit obtenu sera donc de 1% inférieur au débit qui serait obtenu avec une équation spécialement établie pour le moulinet suspendu.

Werden bei der Auswertung einer Schwimmflügel-messung die Flügelgleichungen des Stangenflügels herangezogen, so ergeben sich um etwa 1% geringere Abflüsse als bei der Verwendung einer speziellen Flügelgleichung für den Schwimmflügel.

La quasi constance de la différence (1%), observée entre les équations obtenues avec les deux types de fixation (perche de 20 mm Ø et saumon de 100kg), confirme l'opinion selon laquelle il est possible de renoncer éventuellement à un coûteux étalonnage supplémentaire avec le moulinet suspendu, quand un étalonnage à la perche est déjà disponible et que les résultats de celui-ci peuvent être adaptés au moyen d'un facteur correctif. En raison cependant de la taille réduite de l'échantillon analysé dans cette comparaison, il est difficile de tirer des conclusions d'une validité générale, en ce qui concerne la modification de l'incertitude que cette façon de faire implique.

En conséquence, on prie les établissements spécialisés, de bien vouloir indiquer eux-même les relations entre les courbes d'étalonnage qu'ils obtiennent pour des moulinets à la perche et pour les mêmes moulinets, suspendus, montés sur différents saumons. De plus il serait intéressant que ces établissements puissent dire si l'incertitude serait alors différente de celle affectant un étalonnage individuel, et de quelle façon elle varierait.

6.1.3.2 Fixation des moulinets suspendus, lors de l'étalonnage

Lors de l'étalonnage des moulinets suspendus, quelques différences sont apparues, d'un établissement spécialisé à l'autre, en ce qui concerne la fixation du saumon (moulinets N° 5 et 6).

Aux établissements A et C, qui ne disposent pas de leur propre saumon, il est nécessaire, lors de l'étalonnage, de fournir l'équipement complet constituant le moulinet, tel qu'il est mis en oeuvre sur le terrain, c'est-à-dire avec le saumon et la gouverne. Comme notre étude comparative l'a d'ailleurs montré, cette façon de faire nécessite un effort considérable, tant de la part de l'utilisateur que de l'institut effectuant l'étalonnage, sans parler des problèmes supplémentaires de transport entre pays voisins (formalités douanières, etc.). Les difficultés de transport ont d'ailleurs été la cause de l'absence d'étalonnages de moulinets suspendus, de la part de l'établissement C (moulinets N° 5 et 6).

L'établissement A étalonne le moulinet original complet, suspendu à un câble, tout comme lors d'un jaugeage. On peut remarquer que, habituellement, l'établissement C procède de même.

Quant à l'établissement B, il utilise une réplique du saumon faite en tôle d'aluminium et suspendue à un câble, tout comme dans la pratique hydrométrique. On peut cependant se demander quelle est l'influence de la différence de poids sur la dérive du saumon.

Die nahezu konstanten Unterschiede von ca. 1% nach den Flügelgleichungen für die beiden Befestigungsarten (Stange 20 mm Ø und Schwimmflügel mit 100kg-Mittelstück) stützen die Aussage, daß evtl. auf eine zusätzliche individuelle, aufwendige Schwimmflügelkalibrierung verzichtet werden kann, wenn eine Kalibrierung an der Stange vorliegt und diese durch einen »Korrekturfaktor« angepaßt wird. Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs dieses Ringversuchs lassen sich allgemeingültige Aussagen über die mit dieser Vorgehensweise verknüpften Änderung der Unsicherheit jedoch nicht ableiten.

An die Anstalten wird deshalb die Bitte herangezogen, die Beziehungen zwischen den Eichkurven von Stangen- und Schwimmflügel (mit verschiedenen Mittelstücken) aufzuzeigen. Dabei interessiert auch die Frage, ob und wie sich die Unsicherheit gegenüber einer individuellen Kalibrierung für jede Befestigungsart ändert.

6.1.3.2 Befestigung von Schwimmflügeln bei der Kalibrierung

Hinsichtlich des Einsatzes und der Befestigung der Mittelstücke (Gewichte) bei der Schwimmflügelkalibrierung (Flügel Nr. 5 und 6) zeigen sich Unterschiede zwischen den verschiedenen Anstalten.

Bei den Anstalten A und C, die nicht über eigene Mittelstücke verfügen, muß die gesamte Flügelrüstung, so wie sie in der Praxis eingesetzt wird, also einschließlich Mittelstück und Schwimmsteuer, zur Kalibrierung mitgeliefert werden. Wie auch dieser Ringversuch bestätigt hat, erfordert dies einen großen Aufwand sowohl seitens des Anwenders als auch seitens der Kalibrieranstalt, unabhängig von den hier zusätzlich aufgetretenen Problemen beim Transport ins benachbarte Land (Zollformalitäten usw.). Die Transport-schwierigkeiten waren auch der Grund, weshalb innerhalb dieses Ringversuchs bei Anlage C keine Schwimmflügelkalibrierungen (Flügel Nr. 5 und 6) durchgeführt wurden.

Zur Kalibrierung wurde bei Anstalt A der komplette Originalschwimmflügel verwendet, wobei der Flügel wie beim Einsatz bei der Abflußmessung an einem Seil aufgehängt ist; auch bei C werden Kalibrierungen von Schwimmflügeln so durchgeführt.

Anstalt B benutzt zur Kalibrierung eine Attrappe des Mittelstückes aus Aluminiumblech; der Flügel wird wie beim Einsatz in der Praxis an einem Seil aufgehängt. Hier stellt sich die Frage nach dem Einfluß des unterschiedlichen Gewichtes auf die »Abdrift«.

C'est une réplique en bois du saumon qui est utilisée par l'établissement D, et, à la différence de ce que font A, B et C, celle-ci est fixée rigidement à une perche pour diminuer les influences liées à la suspension par câble (problème de la dérive).

Comme on l'a mentionné plus haut, l'établissement E n'est pas en mesure d'étalonner les moulinets suspendus et se contente de reprendre les équations obtenues avec la perche.

Une autre différence encore pourrait résider dans la forme des répliques de saumon disponibles chez B et D. Un certain doute subsiste au sujet de l'influence possible sur l'étalonnage des différences entre formes de saumons (par exemple entre les saumons OTT de 100kg, »ancienne« et »nouvelle« forme).

Du point de vue pratique, on peut se demander quelle est l'influence de ces différences, si elles peuvent augmenter la dispersion des résultats d'étalonnage et si, finalement, l'énorme surcroît de travail occasionné par l'étalonnage d'un saumon original se trouve justifié.

Une discussion de ce problème, entre les différents services, serait souhaitable, surtout si elle pouvait aboutir à une optimisation et à une standardisation de l'étalonnage des moulinets suspendus.

Fischer [6] signale encore une autre influence du mode de montage lors de l'étalonnage de moulinets à la perche:

»Aux grandes vitesses, les filets d'écoulement peuvent se détacher de l'arrière de la perche. L'air de la surface est alors aspiré et forme un coussin dans le sillage de la perche, ce qui équivaut alors à un profil de perche plus épais, réduisant quelque peu la vitesse de rotation du moulinet. On peut éviter ce phénomène au moyen d'une plaque montée sur la perche, à quelques cm au-dessous de la surface de l'eau. Dans certains cas, il suffit de plonger un peu plus profondément le moulinet dans l'eau.«

La présente étude comparative n'a pas permis de mettre en évidence cette influence là.

6.1.4 Autres influences

D'autres influences encore de l'installation, sur les mesures, sont mentionnées dans [6]:

- vitesse de déplacement non-uniforme et
- vibrations et balancements.

Bei Anstalt D wird eine Holzattrappe des Mittelstückes eingesetzt, im Unterschied zur Aufhängung bei A, B und C jedoch starr an einer Stange eingespannt, um die mit der Durchhängung des Seiles (Problem Abdrift) verbundenen Einflüsse zu vermeiden.

Eichanstalt E kann – wie bereits berichtet – Schwimmflügelkalibrierungen nicht durchführen und überträgt die Flügelgleichungen des Stangenflügels auf den Schwimmflügel.

Ein weiterer möglicher Unterschied liegt in der Form der verfügbaren Mittelstück-Attrappen bei B und D. Es besteht Unklarheit, ob die Formunterschiede (z.B. 100kg-Mittelstück der Firma OTT, »alte« bzw. »neue« Form) bei der Eichung einen Einfluß ausüben.

Aus der Sicht der Praxis stellt sich die Frage nach dem Einfluß dieser unterschiedlichen Bedingungen und der dadurch verursachten Streuung der Kalibrierergebnisse, insbesondere auch, ob der enorme Aufwand bei der Kalibrierung mit dem Originalmittelstück gerechtfertigt ist.

Eine Diskussion dieses Problems seitens der Kalibrieranstalten mit dem Ziel einer Optimierung und Vereinheitlichung der Schwimmflügelkalibrierung wäre zu begrüßen.

Auf einen weiteren Einfluß der Montageart bei der Kalibrierung von Stangenflügeln weist Fischer hin [6]:

»Bei hohen Schleppgeschwindigkeiten kann die Strömung hinter der Stange abreißen. Von der Oberfläche her wird dabei Luft angesogen, sodaß sich hinter der Stange ein Luftsack bildet. Dieser imitiert ein dickeres Stangenprofil und reduziert somit die Flügeldrehzahl. Durch eine, an der Stange befestigte Platte, die einige cm unter der Wasseroberfläche montiert wird, kann diese Erscheinung verhindert werden. In einigen Fällen genügt es, den Flügel tiefer einzutauchen.«

Aus dem vorliegenden Ringversuch kann dieser Einfluß nicht abgeleitet werden.

6.1.4 Sonstige Einflüsse

Als weitere Einflüsse der Meßanlage werden in [6]

- ungleichförmige Fahrtgeschwindigkeit und
- Vibrationen und Schwingungen

L'établissement C attribue à cette influence le »rédressement« de la droite ajustée vers 3 m/s, pour plusieurs des moulinets (fig. 17).

6.2 Influences extérieures

Selon [6], la température de l'eau pourrait éventuellement affecter la viscosité de l'huile des roulements à billes et influencer ainsi l'étalonnage. Notre étude comparative n'a pas fourni d'indices relatifs à cette influence.

Cette étude n'a d'ailleurs pas permis d'entrevoir d'éventuelles autres »influences extérieures«.

6.3 Influences des opérateurs

Le choix de certains paramètres reste du ressort exclusif du personnel chargé des mesures:

- Le respect des temps de tranquillisation
Dans le tableau 7, Fischer donne les temps minimaux pendant lesquels il faut laisser reposer l'eau du canal, entre deux parcours de mesure. Ces temps valent pour l'étalonnage à la perche, au Service hydrologique et géologique national suisse (profil des perches jusqu'à 75/35 mm). Ce tableau donne des valeurs différenciées, suivant que l'on passe d'une vitesse rapide à une vitesse plus lente, ou d'une vitesse lente à une vitesse plus rapide. Ainsi par exemple, pour le passage de $v_1 = 0,40$ m/s à $v_2 = 0,60$ m/s, un temps de repos de 15 minutes est nécessaire, mais il est de 30 minutes lors du passage inverse, de $v_1 = 0,60$ m/s à $v_2 = 0,40$ m/s. L'importance de ces attentes explique facilement qu'autant de temps soit nécessaire pour effectuer l'étalonnage complet d'un moulinet.
- Nombre et répartition des points de mesure (des indications peuvent être trouvées dans [6] et [8]).
- Ajustements des droites d'étalonnage
Il paraît essentiel que les droites ajustées soient définies sans ambiguïté et sans lacunes aux intersections. Ainsi par exemple, les domaines de validité ne devraient pas être donnés sous la forme:
a) $n < 1,87$ équation 1
b) $n > 1,87$ équation 2
mais sous celle-ci:
a) $n \leq 1,87$ équation 1
b) $n > 1,87$ équation 2
En effet, cela risque de jouer un rôle, plus tard lors de l'exploitation par ordinateur, suivant la structure du programme et au cas où les données d'étalonnage sont introduites sans contrôle (ci-dessus, pour $n = 1,87$).

genannt. Die bei Geschwindigkeiten von ca. 3 m/s bei mehreren Flügeln erneut ansteigende Flügelgerade (Abb. 17) wird von Anstalt C auf diesen Einfluß zurückgeführt.

6.2 Äußere Einflüsse

Nach [6] kann evtl. die Wassertemperatur die Viskosität des Kugellageröls und damit die Kalibrierung beeinflussen. Der Ringversuch gibt zu dieser Frage keine Anhaltspunkte.

Weitere »äußere Einflüsse« sind aus dem Ringversuch nicht ersichtlich.

6.3 Persönliche Einflüsse des Meßpersonals

Ausschließlich im Entscheidungs- und Erfahrungsbereich des Meßpersonals liegen folgende Einflußgrößen:

- Einhalten von Beruhigungszeiten
In Tabelle 7 gibt Fischer für das Eichgerinne der schweizerischen Landeshydrologie und -geologie für Stangenkalibrierungen (Stangenprofile bis 75/35 mm) Mindestruhezeiten zwischen zwei Meßfahrten an. Darin wird unterschieden zwischen dem Übergang von schneller auf langsamere Fahrt und dem Wechsel von langsamer auf schnellere Fahrt. So ist z.B. beim Übergang von $v_1 = 0,40$ m/s auf $v_2 = 0,60$ m/s eine Ruhezeit von 15 Minuten, beim Übergang von $v_1 = 0,60$ m/s auf $v_2 = 0,40$ m/s, von 30 Minuten erforderlich. Diese erheblichen Wartezeiten erklären auch den großen zeitlichen Aufwand einer kompletten Flügelkalibrierung.
- Anzahl und Anordnung der Meßpunkte (Hinweise können der Literatur [6] und [8] entnommen werden).
- Festlegung der Ausgleichsgeraden
Wesentlich erscheint, daß die Ausgleichsgeraden im Knickpunkt lückenlos und eindeutig definiert sind, daß also z.B. nicht der Gültigkeitsbereich mit:
a) $n < 1,87$ Gleichung 1
b) $n > 1,87$ Gleichung 2
sondern mit:
a) $n \leq 1,87$ Gleichung 1
b) $n > 1,87$ Gleichung 2
ausgewiesen wird. Dies spielt bei Auswertungen, die mit elektronischer Datenverarbeitung (DV) durchgeführt werden, eine Rolle, wo evtl. – je nach der Gestaltung des DV-Programms – bei unkontrollierter Übernahme der Angaben der Eichanstalt später bei der Auswertung Probleme auftreten können (bei $n = 1,87$).

d'un parcours rapide à un parcours lent/
von schneller auf langsamere Fahrt

v (m/s)

			60	50	50	50	50	40	40	40	40	30	30	5,07	Vitesse de déplacement/ Schleppgeschwindigkeit
		60	50	50	50	50	40	40	40	40	30	30	4,55	25	
	60	50	50	50	50	40	40	40	40	30	30	4,15	25	20	
60	50	50	50	50	40	40	40	40	30	30	3,60	25	20	15	
50	50	50	50	40	40	40	40	30	30	3,10	25	20	15	10	
50	50	50	40	40	40	40	30	30	2,45	20	20	15	0	0	
50	50	40	40	40	40	30	30	1,92	20	20	15	10	0		
50	40	40	40	40	30	30	1,39	20	20	15	10	0			
40	40	40	30	30	30	0,96	15	15	10	0					
40	30	30	30	30	0,60	15	15	10	0						
20	20	20	20	0,40	15	15	10	0							
15	15	15	0,30	10	10	0	0								
10	10	0,20	10	10	0	0									
10	0,12	10	10	0											
0,90	10														

d'un parcours lent à un parcours rapide/
von langsamer auf schnellere Fahrt

v (m/s)

temps de repos en minutes/
Ruhezeit in Minuten

Tab. 7 Temps de repos minimaux entre deux parcours du chariot de mesure

Tab. 7 Erforderliche Mindestruhezeiten zwischen zwei Meßfahrten

De plus, les paramètres des équations doivent être donnés de façon complète, avec un nombre de chiffres significatifs suffisant, par exemple $v = 0,2466 \cdot n + 0,0269$. En effet, le pas aussi bien que le terme constant sont parfois donnés avec trois «chiffres après la virgule» seulement. L'incertitude causée par un tel arrondi est normalement négligeable, lors de mesures ponctuelles, mais en certains cas particuliers, comme par exemple lors de jaugeages effectués par le »DHRON«, le bateau de mesure de l'administration allemande des eaux et de la navigation, cette incertitude a un effet sensible. En effet, lors de mesures par intégration, l'écran de l'ordinateur de bord affiche la répartition des vitesses dans la verticale, en calculant pour chaque tour du moulinet, le temps écoulé, la profondeur atteinte et la vitesse d'écoulement, tirée de l'équation du moulinet. L'ordinateur calcule finalement la moyenne de ces vitesses et, si les paramètres de l'équation sont arrondis, une erreur systématique supplémentaire est alors introduite.

Auch sollten die Parameter der Eichgleichung einheitlich mit ausreichender Stellenzahl angegeben werden, z.B. $v = 0,2466 \cdot n + 0,0269$. Sowohl die Steigung als auch das konstante Glied werden gelegentlich mit nur drei »Kommastellen« angegeben. Die Unsicherheit durch diese Rundung kann bei normalen Punktmessungen vernachlässigt werden, in besonderen Fällen jedoch, z.B. bei der Abflußmessung mit dem Meßschiff »DHRON« der deutschen Wasser- und Schifffahrtsverwaltung, wirkt sich diese Unsicherheit aus. Bei Integrationsmessungen werden dort zum Aufzeigen der Geschwindigkeitsverteilung in den Meßlotrechten zu jeder vollen Umdrehung die Größen Zeit und Weg festgehalten und beim Abläufen des Meßflügels die aktuelle Fließgeschwindigkeit aus der Flügelgleichung ermittelt und auf einem Bildschirm dargestellt. Die so ermittelten Geschwindigkeiten werden dann gemittelt. Rundung der Parameter der Flügelgleichung bringt hier zusätzliche systematische Unsicherheit.

7. EFFET DE L'INCERTITUDE DE L'ÉTALONNAGE DU MOULINET SUR LES RÉSULTATS D'UN JAUGEAGE

L'effet des incertitudes affectant l'étalonnage ne dépend pas du fait que celles-ci soient systématiques ou aléatoires; dans l'un ou l'autre cas, il se traduira par une erreur systématique sur les jaugeages et par une erreur systématique ensuite également sur la détermination des débits et sur toutes les données hydrologiques dépendant du débit. Avec des équations des moulinets s'écartant de la »valeur vraie«, on obtient soit des débits systématiquement trop élevés, soit systématiquement trop bas, pendant toute la durée de mise en service d'un moulinet, c'est-à-dire le plus souvent pendant plusieurs années.

Il est vrai que les valeurs atteintes par ces incertitudes sont sans grandes conséquences, pour beaucoup des tâches ressortant de l'économie hydraulique, surtout si l'on considère les multiples autres sources d'erreurs affectant les jaugeages et la détermination continue des débits. Cependant leur action peut se combiner à celle d'autres sources d'erreurs et se renforcer, si bien que les données hydrologiques finissent par être influencées de façon notable. Il est important de remarquer qu'il s'agit là, en partie, d'erreurs pouvant être évitées.

Des erreurs, atteignant l'ordre de grandeur de celles constatées ici (1-3%), peuvent parfaitement contribuer à des erreurs d'interprétation dans certaines questions hydrologiques, par exemple lors du calcul de bilans de charges polluantes sur des tronçons de cours d'eau traversant des limites administratives, si les débits de part et d'autre de la frontière sont mesurés avec des moulinets étalonnés de façon différente et sont donc affectés d'erreurs systématiques différentes également.

Il faut résolument s'opposer à l'opinion selon laquelle, dans la pratique hydrologique, les exigences en matière de précision ne sont de toute façon pas bien élevées.

Les incertitudes en hydrologie dépendent aussi de la fréquence des réétalonnages. Dans les cours d'hydro-métrie organisés par l'Office fédéral allemand pour l'hydrologie, se pose régulièrement la question de l'intervalle de temps à observer, ou du nombre de jaugeages à ne pas dépasser, avant qu'un nouvel étalonnage soit nécessaire (en l'absence, il va de soi, d'indices de dégâts ou d'une modification quelconque).

Dans les services allemands, le réétalonnage intervient sur des bases très variables: une partie des moulinets est réétalonnée selon un intervalle de deux ans, l'autre partie étant constituée de moulinets, toujours utilisés, dont le dernier étalonnage remonte à passablement

7. AUSWIRKUNGEN DER UNSICHERHEIT DER FLÜGELKALIBRIERUNG AUF DIE ABFLUß-ERMITTLUNG

Die Unsicherheit der Flügelkalibrierung wirkt sich abhängig davon, ob es sich um zufällige oder systematische Einflüsse handelt, systematisch bei der Abflußmessung und damit auch systematisch auf die Abflußermittlung und auf die Abflußdaten aus. Mit vom »wahren Wert« abweichenden Flügelgleichungen erhält man entweder systematisch zu kleine oder systematisch zu große Abflüsse während der gesamten Einsatzdauer eines Meßflügels, also meist über mehrere Jahre hinweg.

Die festgestellten Unsicherheitsgrößen sind zwar – unter Berücksichtigung der vielfältigen übrigen Unsicherheitsquellen bei der Abflußmessung und bei der kontinuierlichen Abflußermittlung – isoliert betrachtet für viele wasserwirtschaftliche Aufgaben ohne weiterreichende Bedeutung. Hinsichtlich ihrer Auswirkung können sie sich jedoch mit denen anderer Unsicherheitsquellen überlagern, diese auch verstärken und somit die Abflußdaten merkbar beeinflussen. Wesentlich erscheint, daß es sich teilweise um vermeidbare Einflüsse handelt.

Für einige wasserwirtschaftliche Fragestellungen können die Einflüsse der hier festgestellten Größenordnung (1-3%) durchaus zu Fehlinterpretationen beitragen, z.B. bei der Bilanzierung von Schmutzfrachten von Gewässerabschnitten zwischen Verwaltungsgrenzen, wenn die Abflüsse diesseits und jenseits der Grenze mit unterschiedlich kalibrierten Meßflügeln gemessen und dadurch die Abflußdaten unterschiedlich systematisch beeinflusst werden.

Der Ansicht, daß beim Einsatz des Meßflügels in der Wasserwirtschaft die Anforderungen an die Genauigkeit nicht so hoch sind, muß entschieden widersprochen werden.

Unsicherheit in der wasserwirtschaftlichen Praxis besteht auch hinsichtlich der Häufigkeit der Neukalibrierung. Bei den von der Bundesanstalt für Gewässerkunde durchgeführten Abflußlehrgängen wird regelmäßig die Frage gestellt, nach welchen Zeiträumen bzw. nach wievielen Meßeinsätzen ein Meßflügel auch ohne Verdacht auf Veränderungen oder Beschädigungen neu kalibriert werden soll.

Bei deutschen Dienststellen wird die Neukalibrierung sehr unterschiedlich gehandhabt: teilweise erfolgt eine Neukalibrierung etwa im Abstand von zwei Jahren, teilweise sind Meßflügel im Einsatz, deren Kalibrierung weit über zehn Jahre zurückliegt. Die vorlie-

plus de dix ans. Les manuels et directives disponibles donnent soit des indications générales telles que »tous les deux à cinq ans, selon la fréquence d'utilisation« [15], ou alors des précisions telles que »après quinze à vingt utilisations« [14], une exigence qui n'est pas toujours réalisable en raison de son coût élevé.

D'après les recherches de Salvesan [9], qui a suivi les changements intervenus dans les paramètres des équations de plusieurs moulinets utilisés sur le terrain pendant près de 50 ans, les résultats d'étalonnage de moulinets non-endommagés n'ont été affectés que d'une faible dispersion. Claußen [3] en conclut que, pour des moulinets neufs, on peut tabler avec une dispersion des équations des droites ajustées de moins de 0,5%, sur une durée de 10 ans.

Avec un total estimé à plus de 3000 combinaisons de moulinets, pour la République fédérale d'Allemagne seulement, et un prix d'environ 280 DM pour un étalonnage, un réétalonnage tous les deux ans entraînerait un coût supplémentaire d'environ 250.000 DM par rapport à un étalonnage tous les cinq ans seulement. La fréquence de réétalonnage a donc aussi un aspect économique, pour les utilisateurs, comme pour les établissements effectuant les étalonnages. Il serait utile que ces derniers s'accordent pour recommander une fréquence favorable.

genden Richtlinien und Handbücher geben entweder nur grobe Anhaltspunkte, z.B. »alle zwei bis fünf Jahre je nach Einsatzhäufigkeit« [15] oder aber Detailangaben wie z.B. »nach fünfzehn bis zwanzig Einsätzen« [14], Forderungen, die aus Kostengründen nicht immer realisierbar sind.

Nach den Untersuchungen von Salvesan [9], in denen die Änderungen der Flügelgleichungen mehrerer in der Praxis eingesetzter Meßflügel über einen Zeitraum von fast 50 Jahren verfolgt wurden, ergeben sich bei unbeschädigten Meßflügeln nur geringe Streuungen der Kalibrierergebnisse. Claußen [3] folgert daraus, daß für neuere Meßflügel von einer Streuung der Ausgleichsgeraden (Flügelgleichung) von $< 0,5\%$ über einen Zeitraum von 10 Jahren ausgegangen werden kann.

Bei einem Bestand von geschätzten > 3000 Meßflügelkombinationen allein in der Bundesrepublik Deutschland und Kosten von ca. 280 DM pro Kalibrierung, bedeutet eine Neukalibrierung alle zwei Jahre einen Mehraufwand von ca. 250.000 DM pro Jahr gegenüber einer Neukalibrierung nur alle fünf Jahre. Die Häufigkeit der Neukalibrierung hat damit auch ökonomische Bedeutung, sowohl für die Anwender als auch für die Anstalten. Eine abgestimmte Aussage der Kalibrieranstalten über die zweckmäßige Häufigkeit von Neukalibrierungen wäre nützlich.

8. RÉSUMÉ ET RECOMMANDATIONS

Le Groupe de travail »Standardisation et traitement des données« de la CHR cherche à obtenir un accord, de la part des pays rhénans, concernant les données hydrologiques ainsi que sur les procédés de mesure et de calcul, permettant de les obtenir. L'analyse des sources d'erreurs affectant les jaugeages fait aussi partie du cahier des charges de ce Groupe.

Une de ces sources d'erreur réside dans l'étalonnage des moulinets qui est effectué dans des établissements spécialisés, qui sont soit des services publics, soit des établissements privés.

Le rapport contient les résultats d'une recherche effectuée conjointement par cinq établissements pratiquant l'étalonnage des moulinets, répartis dans quatre pays riverains du Rhin, soit la Suisse, l'Autriche, la République fédérale d'Allemagne et les Pays-Bas. Cette étude comparative a été conduite par le Service hydrologique fédéral allemand, entre août 1984 et août 1985. Quatre des installations incluses dans l'étude consistent en un long canal rectiligne, au-dessus duquel se déplace un chariot tracté, qui lui-même traîne le moulinet dans l'eau au repos. La cinquième installation, au contraire, est constituée d'un canal tubulaire torique dans lequel l'eau se déplace, faisant tourner l'hélice du moulinet, lui-même maintenu en un emplacement fixe.

Les hydrologues, utilisateurs de moulinets, étaient particulièrement intéressés à connaître la comparabilité entre eux des résultats d'étalonnages effectués dans les différents établissements spécialisés. Ces utilisateurs désiraient aussi savoir quelle pouvait être l'influence de l'étalonnage des moulinets sur l'incertitude affectant les jaugeages et finalement quelles étaient les limites de confiance à attribuer aux données hydrologiques.

Cette étude comparative a porté sur un moulinet miniature OTT C2 et sur un moulinet »Universel« OTT C31, chacun d'eux pouvant recevoir deux hélices différentes. Le moulinet »Universel« pouvait être étalonné, monté soit sur une perche, soit sur un saumon de 100 kg. Au total, six combinaisons de moulinets ont été comparées.

Les résultats des étalonnages, les équations des moulinets, sont comparés dans ce rapport et la dispersion des paramètres obtenus y est étudiée. Pour chacune des six combinaisons de moulinets, les équations obtenues par trois des installations se tiennent de façon assez serrée, alors que celles obtenues par les deux autres divergent un peu plus (jusqu'à 3%). Ces résultats ont permis une analyse des sources d'erreurs affectant les étalonnages. Les points suivants se dégagent de cette analyse:

8. ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNGEN

Die KHR-Arbeitsgruppe »Standardisierung und Verarbeitung der Daten« befaßt sich mit der Abstimmung von hydrologischen Parametern, Meß- und Berechnungsverfahren im Rheineinzugsgebiet. Zu diesem Aufgabenbereich gehört auch die Diskussion von Unsicherheitsquellen bei der Abflußmessung.

Eine dieser Unsicherheitsquellen ist die Kalibrierung von hydrometrischen Meßflügeln, welche bei staatlichen oder privaten Kalibrieranstalten durchgeführt wird.

Der Bericht enthält die Ergebnisse eines Ringversuchs der Bundesanstalt für Gewässerkunde zur Kalibrierung hydrometrischer Meßflügel, der im Zeitraum von August 1984 bis August 1985 bei insgesamt fünf Kalibrieranstalten der vier Rheinanliegerstaaten Schweiz, Österreich, Bundesrepublik Deutschland und Niederlande durchgeführt wurde. Bei vier dieser Kalibrieranlagen handelt es sich um lange Gerinne, bei denen ein Schleppwagen den Flügel durch das ruhende Wasser zieht; eine Anlage besteht aus einem ringförmigen Rohrgerinne, in dem das strömende Wasser die Schaufel des festgehaltenen Flügels in Drehungen versetzt.

Das besondere Interesse aus der Sicht des Anwenders in der Wasserwirtschaft galt der Frage nach der Vergleichbarkeit der Ergebnisse der verschiedenen Kalibrieranstalten sowie nach dem Einfluß der Kalibrierung der Meßflügel auf die Unsicherheit der Abflußmessung und damit auf die Zuverlässigkeit der Abflußdaten.

Einbezogen in diesen Vergleich waren ein Kleinflügel OTT C2 und ein Universalflügel OTT C31 mit je zwei verschiedenen Schaufeln. Der Universalflügel wurde sowohl als Stangenflügel als auch als Schwimmflügel (100 kg Mittelstück) kalibriert. Insgesamt wurden somit sechs Flügelkombinationen verglichen.

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der Kalibrierungen, die Flügelgleichungen, einander gegenübergestellt und ihre Streuung untersucht. Bei allen sechs Flügelkombinationen liegen die Flügelgleichungen von drei Kalibrieranstalten dichter zusammen, während die Ergebnisse von zwei Anstalten etwas stärker (bis zu 3%) abweichen. Anhand der Kalibrierergebnisse werden Unsicherheitsquellen der Kalibrierung diskutiert. Hervorzuheben sind:

- problème du relevé des valeurs mesurées (erreurs au départ et à l'arrivée);
- nombre et disposition des points de mesure;
- procédé d'exploitation permettant d'obtenir les équations;
- prise en compte de l'effet Epper, lors de l'exploitation;
- influence de la fixation du moulinet;
- différences entre l'étalonnage du moulinet suspendu et du moulinet sur perche;
- différences entre l'étalonnage en canal découvert rectiligne et l'étalonnage en conduite tubulaire torique.

A l'occasion d'un »workshop« organisé par le Groupe de travail »Standardisation et traitement des données« de la CHR, les 13 et 14 mai 1986 à Berne-Ittingen (Suisse), des représentants des établissements ayant participé à cette comparaison se sont réunis pour en discuter les résultats, et aussi pour s'informer mutuellement des mesures propres à réduire les incertitudes affectant l'étalonnage des moulinets. Ce fut l'occasion d'échanger de nombreuses suggestions en vue d'améliorations et de nouveaux développements. A l'avenir, on peut s'attendre à ce que plusieurs des incertitudes, mises en évidence par l'étude, puissent être atténuées.

Il faudrait poursuivre l'étude de quelques-unes des questions restées ouvertes, concernant le mode de fixation des moulinets suspendus, lors de leur étalonnage. De même, il faudrait intensifier la poursuite des comparaisons entre étalonnages où l'eau est propulsée dans une conduite tubulaire et ceux effectués en déplaçant le moulinet dans l'eau immobile d'un canal découvert. On devrait ainsi obtenir des conclusions plus sûres quant à la comparabilité des résultats respectifs de ces deux méthodes.

Les services hydrométriques utilisateurs sont invités à mettre en oeuvre leurs moulinets et à en prendre soin, conformément aux indications des fabricants. Les réétalonnages devraient être effectués selon les fréquences prévues par les directives nationales. Il est suggéré de tenir des registres, où figureraient, de façon exacte, tous les résultats d'étalonnages de chaque combinaison particulière de moulinet, de façon à pouvoir détecter les changements apparaissant lors des réétalonnages successifs, constituant ainsi une base qui devrait permettre d'apporter quelques retouches aux recommandations nationales relatives à ce point.

D'une façon générale, l'étude comparative décrite ici, ainsi que la discussion qui l'a suivie, ont permis de montrer qu'il est tout à fait possible, dans des conditions optimum d'étalonnage, d'atteindre une dispersion de seulement 0,5% pour les résultats des différents établissements spécialisés.

- Probleme der Meßwerterfassung (Start- und Stoppfehler);
- Anzahl und Verteilung der Meßpunkte;
- Auswerteverfahren zur Ermittlung der Flügelgleichungen;
- Berücksichtigung des »Eppereffekts« bei der Auswertung;
- Einfluß der Befestigung des Flügels bei der Kalibrierung;
- Unterschiede der Kalibrierung von Schwimmflügeln und Stangenflügeln;
- Unterschiede zwischen der Kalibrierung in Schleppkanälen und in Rohrgerinnen.

Bei einem Workshop der KHR-Arbeitsgruppe »Standardisierung und Verarbeitung der Daten« wurden Vertreter der am Ringversuch beteiligten Kalibrieranstalten am 13. und 14. Mai 1986 in Bern-Ittingen (Schweiz) zur Diskussion des Ringversuchs mit dem Ziel einer gegenseitigen Information über Maßnahmen zur Reduzierung der bei der Flügelkalibrierung auftretenden Unsicherheiten zusammengeführt. Dabei konnten zahlreiche Anregungen für Verbesserungen und Neuentwicklungen ausgetauscht werden. Es ist zu erwarten, daß mehrere der im Ringversuch festgestellten Unsicherheiten in Zukunft reduziert werden können.

Einige offene Fragestellungen hinsichtlich der Befestigungsart bei Schwimmflügelkalibrierungen sollten seitens der Kalibrieranstalten weiter untersucht werden. Auch sollte der Vergleich zwischen der Flügelkalibrierung in durchströmten Rohrgerinnen und in Schleppkanälen intensiviert werden, um noch besser gesicherte Aussagen über die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erhalten.

Die Anwender im hydrometrischen Meßdienst sind aufgefordert, ihre Meßflügel entsprechend den Hinweisen der Gerätehersteller einzusetzen und zu warten. Neukalibrierungen sollten nach den in den nationalen Richtlinien vorgegebenen Häufigkeiten vorgenommen werden. Es wird angeregt, über die Kalibrierergebnisse jeder einzelnen Flügelkombination genau Buch zu führen, um die Änderungen bei Neukalibrierungen erkennen zu können und somit Grundlagen für eine Überarbeitung der nationalen Empfehlungen zu erhalten.

Insgesamt haben Ringversuch und Diskussion bestätigt, daß bei optimaler Kalibrierung eine Streubreite von nur 0,5% zwischen den Ergebnissen der verschiedenen Kalibrieranstalten durchaus erreicht werden kann.

Invloed van de ijking van snelheidsmolentjes op de nauwkeurigheid van afvoerbepalingen

8. SAMENVATTING EN AANBEVELINGEN

De CHR-werkgroep »Standardisering en gegevensverwerking« houdt zich bezig met de onderlinge afstemming van hydrologische parameters, meet- en rekenmethoden in het stroomgebied van de Rijn. Tot haar taak behoort ook het onderzoek naar de onnauwkeurigheid in de uitkomsten van afvoermetingen.

Een der oorzaken van deze onnauwkeurigheid vormen onzuiverheden bij de ijking van snelheidsmolens verricht bij rijks- of andere instituten.

Dit rapport bevat de uitkomsten van een door de Bundesanstalt für Gewässerkunde te Koblenz opgezet ringonderzoek betreffende de calibratie van snelheidsmolens, uitgevoerd in het tijdvak augustus 1984 tot augustus 1985 bij vijf instituten van de vier Rijnsoeverstaten Zwitserland, Oostenrijk, Duitse Bondsrepubliek en Nederland. Vier van deze ijkoopstellingen bestaan uit een lange goot (»sleeptank«), daarboven een sleepwagen die een snelheidsmolen door het stilstaande water trekt; de vijfde opstelling bestaat uit een ringvormig ijkcircuit waarin stromend water het wiekje van de vast bevestigde snelheidsmolen doet draaien.

De diensten die belast zijn met de metingen waren vooral geïnteresseerd in de vraag in hoeverre de uitkomsten bij de verschillende ijkinstellingen met elkaar overeenstemden en in de invloed van de ijking der snelheidsmolens op zowel de nauwkeurigheid van afvoermetingen als, daarmee rechtstreeks samenhangend, de betrouwbaarheid van de afvoergegevens.

Bij dit ringonderzoek zijn twee Ott-molens gebruikt, t.w. een Ott C2 en een Ott C31, ieder met twee verschillende wiekjes. De Ott C31 werd bovendien zowel aan stang als met een Ott-gewicht (van 100 kg) geïjkt. In totaal werden er dus zes molenconfiguraties beproefd.

In dit rapport worden de uitkomsten van de calibraties, d.w.z. de wiskundige vergelijkingen van de ijkcurven, per configuratie vergeleken en hun onderlinge spreiding onderzocht. Voor alle zes molenconfiguraties liggen de overeenkomstige ijkcurven van drie instituten tamelijk dicht bij elkaar, terwijl de resultaten van de twee andere iets meer (tot 3 %) afwijken. Met behulp van de uitkomsten worden de oorzaken van deze afwijkingen geanalyseerd, waarbij achtereenvolgens ter sprake komen:

– problemen met de registratie van de meetwaarden (fouten bij aanvang en beëindiging van de ijkgang);

Influence of the calibration of current meters on the accuracy of discharge measurements

8. SUMMARY AND RECOMMENDATIONS

The CHR working group »Standardization and data processing« concerns itself with harmonizing hydrological parameters, measurement and calculation methods in the Rhine basin. One of its tasks is the study of inaccuracies in the results of discharge measurements.

One of the sources of these inaccuracies is the calibration of hydrometrical current meters, which is carried out by state or private institutions.

The present report contains the results of an intercalibration exercise organized by the Federal Institute of Hydrology (Coblenz, FRG), concerning the calibration of current meters. The exercise was carried out between August 1984 and August 1985 in the four Rhine basin countries Switzerland, Austria, the Federal Republic of Germany and the Netherlands. Four of the calibrating installations in question consist of a long gutter-shaped tank (tow tank) in which a tow cart pulls the meter through the still water; the fifth installation consists of a tank in the form of a circular tube, in which the flowing water makes the propeller of the fixed meter revolve.

The authorities responsible for the measurements were especially interested in the question to what extent the results obtained by the different calibrating institutions corresponded, as well as in the influence of the calibration of the meters on the inaccuracy of discharge measurements and thus on the reliability of discharge figures.

The exercise was carried out with two meters, an Ott C2 and an Ott C31, each with two different propellers. During the calibration the Ott C31 meter was suspended from both a rigid rod and a cable (100 kg counterweight). Thus, six meter combinations were compared altogether.

In the present report, the results of the meter calibrations, i.e. the mathematical equations of the calibration curves, are compared for each combination and their dispersion is examined. For all six meter combinations the corresponding calibration curves of three participating institutions are relatively close together, while the results of the other two institutions show somewhat more deviation (up to 3%). On the basis of the calibration results, sources of inaccuracy in calibration are analysed. The following sources are discussed:

– problems in the registration of measurement values (errors in starting and stopping);

- invloed van het aantal meetpunten en hun verdeling over het meetgebied;
- de bewerkingsmethode van de meetwaarden ter bepaling van de wiskundige vergelijkingen der ijkcurven;
- het al dan niet in rekening brengen van het »Eppereffect« bij de ijking;
- invloed van de wijze van ophanging der snelheidsmolens;
- optredende hydraulische verschillen tussen het ijken van molens met gewicht en molens aan stang;
- hydraulische verschillen tussen ijkingen in sleeptanks en in gesloten circuits.

Op een studiebijeenkomst van de CHR-werkgroep »Standaardisering en gegevensverwerking«, gehouden op 13 en 14 mei 1986 te Bern-Ittingen (Zwitserland), bespraken vertegenwoordigers der bij het ringonderzoek betrokken instituten de resultaten en wisselden van gedachten over maatregelen ter verkleining van de onzuiverheid van de ijking van snelheidsmolens. Daarbij kwamen ook talrijke suggesties voor verbeteringen en nieuwe ontwikkelingen ter sprake. Naar verwachting zal in de toekomst die beoogde verkleining op verschillende punten inderdaad verwezenlijkt kunnen worden.

Enkele nog onbeantwoorde vragen samenhangend met de wijze van bevestiging van de Ott-molen met gewicht tijdens het ijken, dienen door de ijkinstellingen te worden onderzocht. Verder zal het onderzoek naar de verschillen tussen de ijkingen van snelheidsmolens in ijkcircuits en in sleeptanks verdiept moeten worden om tot nog stelligere uitspraken over de onderlinge vergelijkbaarheid der uitkomsten te komen.

Men heeft de meetdiensten verzocht hun snelheidsmolens te gebruiken en te onderhouden overeenkomstig de aanwijzingen van de fabrikant. Verder zullen in het vervolg de molens geijkt moeten worden volgens de in de eigen nationale richtlijnen aangegeven frequentie. Aanbevolen wordt registers bij te houden, waarin per molenconfiguratie de ijkuitkomsten nauwkeurig vermeld worden, teneinde de veranderingen die bij volgende calibraties optreden te kunnen onderkennen en op die manier de grondslag te leggen voor een eventuele herziening van de nationale aanbevelingen.

Over het geheel genomen hebben het ringonderzoek en de bespreking bevestigd dat onder optimale ijkcondities een spreiding in de vergelijkbare uitkomsten bij de verschillende instituten van slechts 0,5% bevestigd haalbaar is.

- influence of the number of measurement points and their distribution over the measurement area;
- the method used for the determination of the equations of the curves;
- whether or not the »Epper effect« is taken into account in the determination;
- influence of the way the meter is attached during the calibration;
- hydraulic differences in the calibration of meters suspended from a cable and from a rigid rod;
- hydraulic differences in the calibration in tow tanks and in closed circular tanks.

During a workshop of the CHR working group »Standardization and data processing« on 13 and 14 May 1986 in Bern-Ittingen (Switzerland), representatives of the institutions participating in the intercalibration discussed the exercise in order to inform each other of measures to reduce the inaccuracies occurring in meter calibrations. Numerous suggestions for amelioration and innovation were exchanged. Expectations are that several inaccuracies found during the intercalibration can be reduced in future.

The calibrating institutions will still have to examine some unsolved questions concerning the way of attaching cable-suspended meters. The study of the differences between calibration in closed circular tanks with flowing water and calibration in tow tanks should be deepened in order to reach even more reliable conclusions about the comparability of the results.

The users of the meters in hydrometrical services are requested to employ and maintain their current meters according to the instructions of the manufacturer. Future calibrations should be carried out according to the frequencies outlined in national directives. The institutions are recommended to keep a precise record of the calibration results of every single meter combination, in order to be able to recognize changes in future calibrations and thus to supply a basis for a possible reconsideration of national recommendations.

On the whole, the intercalibration exercise and the ensuing discussion confirmed that, when the conditions for the calibration are optimum, a dispersion of only 0,5% between the results of the different calibrating institutions can definitely be achieved.

BIBLIOGRAPHIE**LITERATURVERZEICHNIS**

- [1] ALMING, K.: Calibration of current meters – a comparison. International Current Meter Group. (ICMG), 1969.
- [2] CLAUSSEN, R.: Die Gruppenkalibrierung der Kunststoffschaufeln Typ Nr. 1 von OTT und der Vergleich mit den Einzelkalibrierungen im Schleppkanal. ICMG, 1981.
- [3] CLAUSSEN, R.: Durchflußermittlung aus Flügelmessungen. 3. Fortbildungslehrgang Technische Hydraulik des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK) »Abflußmessung in offenen Gerinnen«, Stuttgart, 1983.
- [4] DIETZ, J.: Kalibrierung von Meßflügeln. Unveröffentlichte Schreiben der Bundesanstalt für Wasserbau, Außenstelle Küste, Hamburg, 1985.
- [5] FISCHER, M.: Angaben über die zu erwartenden Fehler bei den Umrechnungen der Eichgleichungen für verschiedene Flügelbefestigungsarten, ICMG, 1981.
- [6] FISCHER, M.: Vergleichseichungen hydrometrischer Flügel. ICMG, 1983.
- [7] LEVESQUE, J.M.: Etalonnage comparatif de moulinets hydrométriques. ICMG, 1979.
- [8] MÜLLER, H.P.: Vergleichseichungen von Meßflügeln. ICMG-Rapport Nr. 38, 1968.
- [9] SALVESAN, F.: Preliminary report on the calibration history of some current meters used in Norway. ICMG, 1975.
- [10] SCHUPP, J.: Kalibrierung von Meßflügeln. Unveröffentlichte Ausarbeitungen des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft. München 1984.
- [11] TEUBER, W.: Aferição de molinetes hidrométricos. SUDENE/DNOCS, Recife (Brasilien), 1973.
- [12] ZIMMERLI, M.: Vergleichsmessungen mit vier verschiedenen Flügeltypen. ICMG, 1969.
- [13] Meßflügel – Eichkanal. Prospektblatt HLd 120/14 der Firma Ott, Kempten.
- [14] Handbuch für die Abflußmengenmessung. Mitteilung Nr. 4, Landeshydrologie, Bern, 1982.
- [15] Richtlinie für Abfluß- und Durchflußmessungen. »Gelbdruck« des Arbeitskreises »Abflußmessung« der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), Koblenz, 1985.
- [16] Het Ott-ijkcircuit. Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging, Hoofdafdeling hydro-instrumentatie, 1984.

CHR/KHR (1978): Le bassin du Rhin, Monographie Hydrologique. Staatsuitgeverij, La Haye/
Das Rheingebiet. Hydrologische Monographie. Staatsuitgeverij, Den Haag. ISBN 9012017750

Rapports de la CHR**Berichte der KHR**

- I-1 GREBNER, D. (1982): Prévisions objectives et quantitatives des précipitations dans le bassin du Rhin. Etat de la question en 1982 (édition épuisée)/
Objektive quantitative Niederschlagsvorhersagen im Rheingebiet. Stand 1982 (nicht mehr lieferbar)
- I-2 GERHARD, H.; MADE, J.W. VAN DER; REIFF, J.; VREES, L.P.M. DE (1983): La sécheresse et les basses eaux de 1976. (2ème édition, 1985)/
Die Trocken- und Niedrigwasserperiode 1976. (2. Auflage, 1985). ISBN 9070980010
- I-3 HOFIUS, K. (1985): Bassins de recherches hydrologiques dans le bassin du Rhin/
Hydrologische Untersuchungsgebiete im Rheingebiet. ISBN 9070980029
- I-4 BUCK, W.; KIPGEN, R.; MADE, J.W. VAN DER; MONTMOLLIN, F. DE; ZETTL, H.; ZUMSTEIN, J.F. (1986): Estimation des probabilités de crues et d'étiages dans le bassin du Rhin/
Berechnung von Hoch- und Niedrigwasserwahrscheinlichkeit im Rheingebiet. ISBN 9070980037
- I-5 TEUBER, W.; VERAART, A.J. (1986): La détermination des débits du Rhin dans la région frontalière germano-hollandaise/
Abflußermittlung am Rhein im deutsch-niederländischen Grenzbereich. ISBN 9070980045
- I-6 TEUBER, W. (1987): Influence de l'étalonnage des moulinets hydrométriques sur l'incertitude des déterminations de débit. Résultats d'une étude comparative/
Einfluß der Kalibrierung hydrometrischer Meßflügel auf die Unsicherheit der Abflußermittlung. Ergebnisse eines Ringversuchs. ISBN 9070980053.

Rapports sous l'égide de la CHR**Berichte unter der Schirmherrschaft der KHR**

- II-1 MADE, J.W. VAN DER (1982): Analyse quantitative des débits (édition épuisée)/
Quantitative Analyse der Abflüsse (nicht mehr lieferbar).

Quelques informations sur la:

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'HYDROLOGIE DU BASSIN DU RHIN (CHR)

Institution

1970 A la suite de la coopération des comités nationaux pour le PHI dans le cadre de la coopération régionale du programme de l'UNESCO de la Décennie Hydrologique Internationale (DHI).

1975 Poursuite des travaux dans le cadre du Programme Hydrologique International (PHI) de l'UNESCO et du Programme d'Hydrologie Opérationnelle (PHO) de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM).

1978 Appui des travaux de la Commission par l'échange d'une note verbale par l'intermédiaire des Ministères des affaires étrangères des pays concernés.

Pays participants

la Suisse, l'Autriche, la République fédérale d'Allemagne, la France, le Luxembourg, les Pays-Bas.

Langues de travail

français et allemand

Tâches

- Encourager la coopération des instituts hydrologiques scientifiques et des services hydrologiques dans le bassin du Rhin.
- Faciliter l'échange de données et d'informations dans le bassin du Rhin (par exemple données actuelles et prévisions).
- Harmoniser les données de base dans le bassin du Rhin.
- Echange des résultats de recherches hydrologiques scientifiques dans le bassin du Rhin.

Organes de la Commission

Représentants permanents (séances 2 fois par an)

Comité de rédaction

Groupes de travail

Groupes de concertation

Rapporteurs

Travaux effectués

Monographie hydrologique volumineuse sur le bassin du Rhin.

Publications de rapports des groupes de travail, des rapporteurs («série I») et des auteurs individuels («série II») – voir p. 63.

Einige Informationen über die:

INTERNATIONALE KOMMISSION FÜR DIE HYDROLOGIE DES RHEINGEBIETES (KHR)

Gründung

1970 Durch regionale Zusammenarbeit der IHD-Nationalkomitees im Rahmen der Internationalen Hydrologischen Dekade (IHD) der UNESCO.

1975 Fortsetzung der Arbeiten im Rahmen des Internationalen Hydrologischen Programms (IHP) der UNESCO und des Operationellen Hydrologischen Programms (OHP) der WMO.

1978 Unterstützung der Arbeiten der Kommission durch Austausch einer Verbal-Note über die Ministerien für auswärtige Angelegenheiten der mitarbeitenden Länder.

Mitarbeitende Länder

Schweiz, Österreich, Bundesrepublik Deutschland, Frankreich, Luxemburg, Niederlande.

Arbeitssprachen

Französisch und Deutsch

Aufgaben

- Förderung der Zusammenarbeit der wissenschaftlichen hydrologischen Institute und der hydrologischen Dienste im Rheingebiet.
- Erleichterung des Daten- und Informationsaustausches im Rheingebiet (z.B. aktuelle Daten, Vorhersagen).
- Vereinheitlichung der Datengrundlagen im Rheingebiet.
- Austausch von hydrologischen Forschungsergebnissen im Rheingebiet.

Arbeitsgremien

Ständige Vertreter (Sitzungen 2 mal pro Jahr)

Redaktionsausschuß

Arbeitsgruppen

Kontaktgruppen

Rapporteurs

Arbeitsergebnisse

Umfangreiche Monographie über das Rheingebiet.

Publikationen der Arbeitsgruppen, der Rapporteurs («Serie I») und von individuellen Autoren («Serie II») – siehe S. 63.

Groupes de travail et leurs tâches

»Standardisation«:

- Harmonisation des mesures de débits au niveau des tronçons frontaliers du Rhin et de ses affluents.
- Sélection d'un réseau de mesure en vue d'une description représentative de la situation hydrologique dans le bassin du Rhin et d'une description uniforme des stations de mesure.
- Sélection de paramètres hydrologiques caractéristiques.
- Etablissement d'un aperçu des stations de mesure importantes dans le bassin du Rhin.

»Prévisions«:

- Présentation de tous les modèles de prévision des hauteurs d'eau et des débits dans le bassin du Rhin et description des méthodes utilisées.
- Elaboration de propositions sur le flux de données et d'informations en vue de prévisions au-delà des frontières.

Rapporteurs et leurs tâches

»Précipitations régionales«:

- Description des méthodes utilisées dans le bassin du Rhin.
- Propositions concernant l'échange continu des valeurs de précipitations régionales.

»Bibliographie«:

- Recueil de la bibliographie hydrologique sur le bassin du Rhin de 1970 au 1980.

»Actualisation de la Monographie«:

- Aperçu des données hydrologiques sur la période 1971-1980 (suite à tome B de la Monographie).

»Temps d'écoulement«:

- Détermination des temps d'écoulement et des temps de séjour du Rhin.

»Changements dans le régime des débits«:

- Description des influences d'origine humaine sur le cours et le transport d'eau du Rhin.

Autres publications prévues

- Les crues de 1983 sur le Rhin et sur la Moselle
- Les basses eaux de 1985

Arbeitsgruppen und ihre Aufgaben

»Standardisierung«:

- Abstimmung der Abflußermittlung in Grenzabschnitten des Rheins und seiner Nebenflüssen.
- Auswahl eines Meßnetzes zur repräsentativen Beschreibung der hydrologischen Situation im Rheingebiet mit einheitlicher Meßstellenbeschreibung.
- Auswahl von charakteristischen hydrologischen Parametern.
- Erstellen einer Übersicht über wichtige Meßstellen im Rheingebiet.

»Vorhersagen«:

- Zusammenstellung aller Wasserstands- und Abflußvorhersagemodelle im Rheingebiet einschließlich Beschreibung der angewandten Methoden.
- Erarbeitung von Vorschlägen über Daten- und Informationsfluß für länderübergreifende Vorhersagen.

Rapporteure und ihre Aufgaben

»Gebietsniederschläge«:

- Zusammenstellung der im Rheingebiet angewandten Methoden.
- Vorschläge für aktuellen Austausch von Gebietsniederschlagsdaten.

»Bibliographie«:

- Zusammenstellung der hydrologischen Literatur über das Rheingebiet von 1970 bis 1980.

»Fortschreibung der Monographie«:

- Übersicht hydrologischer Daten über die Periode 1971-1980 (Fortschreibung von Teil B der Monographie).

»Fließzeiten«:

- Ermitteln von Fließzeiten und Aufenthaltsdauern im Rhein.

»Änderungen im Abflußregime«:

- Beschreibung der anthropogenen Einflüsse auf den Lauf und die Wasserführung des Rheines.

Weitere vorgesehene Veröffentlichungen

- Die Hochwasser von 1983 an Rhein und Mosel
- Die Niedrigwasserperiode 1985

Enige gegevens betreffende de:

INTERNATIONALE COMMISSIE VOOR DE HYDROLOGIE VAN HET RIJNGEBIED (CHR)

Oprichting

1970 In het kader van het Internationaal Hydrologisch Decennium (IHD) van de UNESCO, door samenwerking tussen de betreffende nationale comités.

1975 Voortzetting der werkzaamheden in het kader van het Internationaal Hydrologisch Programma (IHP) van de UNESCO en het Operationeel Hydrologisch Programma (OHP) van de WMO.

1978 Ondersteuning van het werk der Commissie door een nota-uitwisseling tussen de ministeries van buitenlandse zaken van de samenwerkende landen.

Deelnemende landen

Zwitserland, Oostenrijk, Bondsrepubliek Duitsland, Frankrijk, Luxemburg, Nederland.

Voertalen

Frans en Duits

Taken

- Bevorderen van de samenwerking tussen de wetenschappelijke hydrologische instituten en diensten in het stroomgebied van de Rijn.
- Bevorderen van gegevens- en informatieuitwisseling in het stroomgebied van de Rijn (b.v. actuele gegevens, voorspelling).
- Standaardisering van gegevensbestanden in de Rijnsoeverstaten.
- Uitwisseling van hydrologische onderzoeksresultaten m.b.t. het stroomgebied van de Rijn.

Commissieorganen

Permanente vertegenwoordigers (bijeenkomsten 2 keer per jaar)
Redactiecomité
Werkgroepen
Contactgroepen
Rapporteurs

Produkten

Hydrologische Monografie »Het stroomgebied van de Rijn«.
Publikaties van rapporten van werkgroepen, rapporteurs (»serie I«) en individuele auteurs (»serie II«) – zie blz. 63.

Some information on the:

INTERNATIONAL COMMISSION FOR THE HYDROLOGY OF THE RHINE BASIN (CHR)

Foundation

1970 By regional co-operation of the national IHD-committees within the framework of UNESCO's IHD (International Hydrological Decade).

1975 Continuation of the activities in the framework of UNESCO's IHP (International Hydrological Programme) and the OHP (Operational Hydrological Programme) of WMO.

1978 Support of the Commissions activities by exchange of a verbal note through the foreign offices of the participating countries.

Participating countries

Switzerland, Austria, Federal Republic of Germany, France, Luxemburg, The Netherlands.

Working languages

French and German

Tasks

- Support of co-operation of the scientific hydrological institutes and the hydrological services in the Rhine basin.
- Promotion of the exchange of data and information in the Rhine basin (e.g. current data and forecasts).
- Standardization of data bases in the Rhine basin countries.
- Exchange of results of hydrological research in the Rhine basin.

Organs of the Commission

Permanent representatives (meetings twice a year)
Editing committee
Working groups
Contact groups
Rapporteurs

Results

Hydrological Monograph »The Rhine basin«.

Publications of reports compiled by working groups, rapporteurs (»series I«) and individual authors (»series II«) – see p. 63.

Werkgroepen en hun taken

»Standaardisering«:

- Op elkaar afstemmen van afvoermeetmethoden op grensoverschrijdende riviervakken van de Rijn en zijn zijrivieren.
- Bepaling van een meetnet voor een representatieve beschrijving der hydrologische situatie in het Rijngebied, alsmede een beschrijving der meetstations.
- Keuze van karakteristieke hydrologische parameters.
- Samenstellen van een overzicht van belangrijke meetstations in het Rijngebied.

»Voorspellingen«:

- Beschrijving van de in het Rijngebied gebruikte waterstands- en afvoervoorspellingsmodellen en de daarbij toegepaste methoden.
- Uitwerking van voorstellen betreffende gegevens- en informatiestromen voor grensoverschrijdende voorspellingen.

Rapporteurs en hun taken

»Gebiedsneerslag«:

- Samenvatting van de in het Rijngebied toegepaste methoden.
- Voorstellen voor uitwisseling van actuele gegevens over gebiedsneerslag.

»Bibliografie«:

- Samenstelling van een lijst van hydrologische literatuur over het Rijngebied vanaf 1970 tot 1980.

»Voortzetting van de Monografie«:

- Overzicht van hydrologische gegevens over de periode 1971-1980 (vervolg op deel B der Monografie).

»Stroomtijden«:

- Bepaling van de stroom- en verblijftijden in de Rijn.

»Veranderingen in het afvoerregime«:

- Beschrijving van de antropogene invloeden op het afvoerregime van de Rijn.

Verdere voorgenomen publikaties

- De hoogwaters van 1983 op de Rijn en de Moezel
- De laagwaterperiode van 1985

Working groups and their tasks

»Standardization«:

- Harmonization of discharge measurements for border-crossing river sections of the Rhine and its tributaries.
- Selection of a measuring network for the representative description of the hydrological situation in the Rhine basin, including a standardized account of the gauging stations.
- Selection of characteristic hydrological parameters.
- Compilation of a survey on important gauging stations in the Rhine basin.

»Forecasting«:

- Compilation of all forecasting models for water levels and discharges in the Rhine basin including a description of the applied methods.
- Elaboration of suggestions for the exchange of data and information for border-crossing forecasts.

Rapporteurs and their tasks

»Areal precipitation«:

- Summary of methods applied in the Rhine basin.
- Recommendations for current exchange of areal precipitation data.

»Bibliography«:

- Compilation of a bibliography of hydrological publications on the Rhine basin from 1970 to 1980.

»Continuation of the Monograph«:

- Survey on hydrological data over the period 1971-1980 (continuation of part B of the Monograph).

»Travel times«:

- Determination of the travel and residence times in the Rhine.

»Changes in the discharge regime«:

- Description of the anthropogenic influences on the discharge regime of the Rhine.

Further projected reports

- The floods of 1983 on the Rhine and the Moselle
- The drought of 1985

