

DIE MESSTECHNIK DER HEUTIGEN EICHANLAGE

von Alfred Kern

A.P. KERN AG, Software Engineering, CH-3013 Bern

Zusammenfassung

Damit bei den Flügelmessungen im Feld aufgrund des Flügel Ausgangssignals auf die Wassergeschwindigkeit geschlossen werden kann, werden die Flügel vorher kalibriert, bzw. geeicht. In der Eichanlage in Ittigen fährt nun ein hochspezialisierter Wagen, auf dem die zu eichenden Flügel montiert sind, unter optimalsten Rahmenbedingungen mit einer konstanten Geschwindigkeit auf geschliffenen Schienen durch absolut ruhiges Wasser. Dabei wird während einer bestimmten Anzahl Impulse des Flügels die gefahrene Strecke sowie die Zeit gemessen. Die Messresultate werden automatisch an den Rechner übermittelt, welcher dann die notwendigen Tabellen und Diagramme erzeugt.

Die Aufgabe des Prüfers besteht darin, dem Computer, welcher die Messfahrt steuert, die zur Messung notwendigen Parameter (Geschwindigkeit des Wagens und Anzahl Umdrehungen des Flügels während welchen Zeit und Weg gemessen werden sollen) einzugeben und den Wagen zu starten. Wenn die Messung beendet ist, kann er aufgrund der Diagramme und Tabellen die Eichkurve legen und das Eichzertifikat ausdrucken lassen.

Die messtechnischen Anforderungen, die diese Anlage stellt, sind vor allem die Genauigkeit der Messung, die Höhe der Auflösung und die Synchronizität der Messungen. Die Genauigkeit der Wegmessung ist besser als 0,01%, bei der Zeitmessung ist sie besser als 0,1%. Bei der Weg- und Zeitmessung während 10 m bzw. 10 m/s wird eine Auflösung von 0,01% erzielt. Das Konzept der elektronischen Steuerung, die Störfreiheit und Sicherheit der Datenübermittlung, die optimierten Rahmenbedingungen sowie das Prinzip der Datenverarbeitung können die Genauigkeit der Messung nicht beeinträchtigen.

Da die Messungen vollautomatisch ablaufen, können mehrere Messfahrten vorprogrammiert werden und nachts und an Wochenenden ohne Anwesenheit des Prüfers durchgeführt werden.

1. Die Aufgabe der Eichanlage

Was will man eigentlich mit der Eichanlage?

Wie das Wort schon sagt, will man hydrometrische Flügel eichen. Was heisst nun eichen, bzw. kalibrieren? Ein hydrometrischer Flügel ist ein Sensor, der die Geschwindigkeit des Wassers in ein elektrisches Signal umwandelt.

Bei der Eichung wird nun die Beziehung der Messgrösse zum Ausgangssignal des Messflügels genau gemessen und in einem Diagramm oder in einer Tabelle dargestellt (Abb.1).

Die Beziehung von der Geschwindigkeit zum elektrischen Ausgangssignal ist im Idealfall als Funktion eine Gerade. Wenn die Abweichung des Meßsignals bezogen auf die ideale Gerade sehr klein ist, wird vorzugsweise die Abweichung der Messpunkte von dieser Geraden dargestellt (Abb. 2).

Aufgrund dieser Kalibrier- oder Eichkurve kann dann später bei der Messung im Feld aus den Messungen des Flügel Ausgangssignals auf die Wassergeschwindigkeit geschlossen werden.

Um zu einer Eichkurve zu kommen, muss demnach bei verschiedenen Wassergeschwindigkeiten das Ausgangssignal des Messflügels gemessen werden. Logischerweise muss die Geschwindigkeit und die Messung des Ausgangssignales viel genauer sein, als die erwartete Genauigkeit des Messflügels. Anders gesagt: die spätere Messung der Wassergeschwindigkeit ist niemals genauer als die Genauigkeit der Eichvorrichtung. Deshalb ist eine genaue Eichung wichtig.

Um dies zu ermöglichen, braucht man Wasser, das mit einer konstanten bekannten Geschwindigkeit fließt. Der Flügel wird ins Wasser gehalten und das Ausgangssignal wird gemessen. Das Problem der Geschwindigkeitsmessung des Wassers bleibt dann allerdings bestehen. Es braucht eine zweite Vorrichtung, um die Wassergeschwindigkeit zu messen. Im besten Fall kann dann eine Vergleichsmessung von jener Geschwindigkeitsmessung zu der Messung mit dem Eichflügel vorgenommen werden.

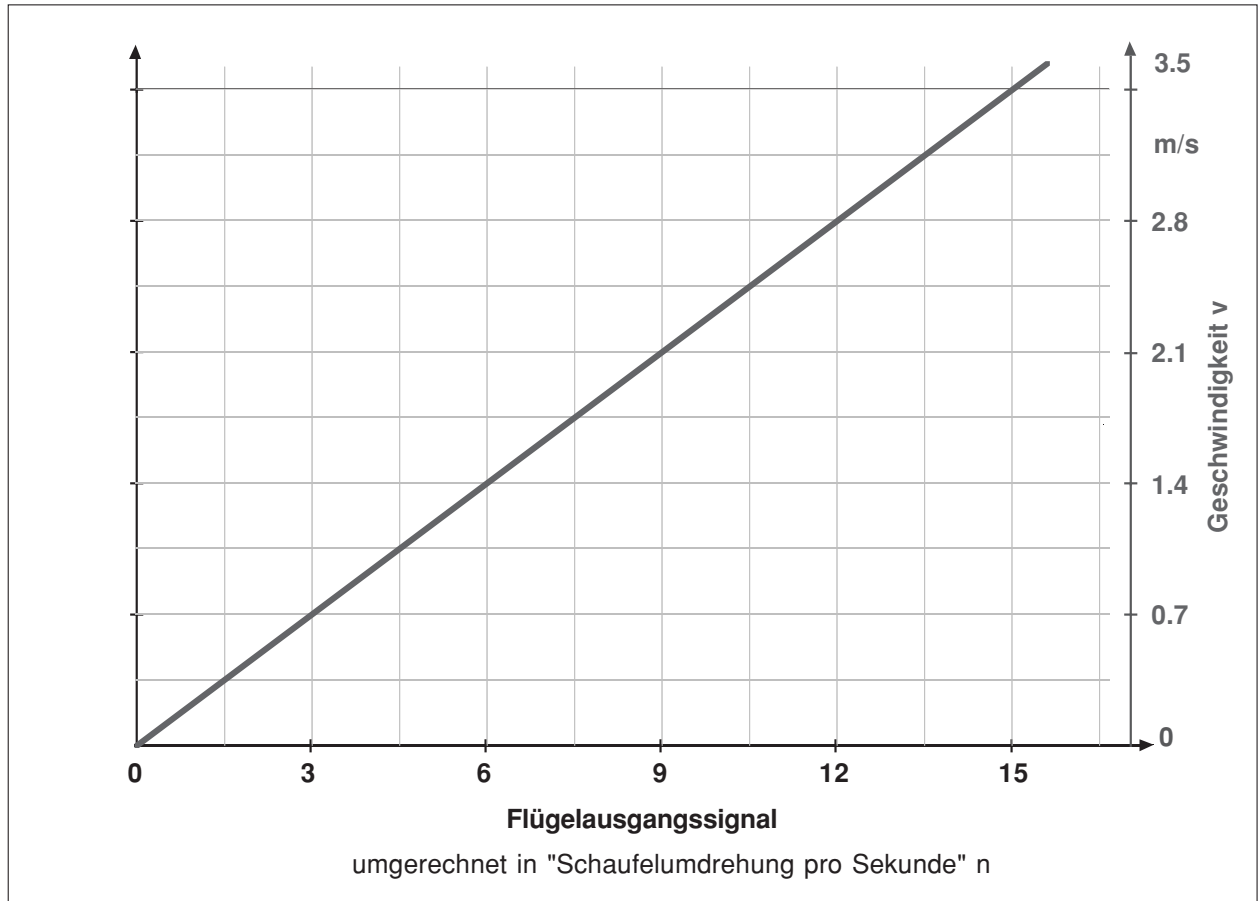


Abb. 1: Beziehung Flügel Ausgangssignal zu Wassergeschwindigkeit

Eine andere Variante besteht darin, dass man den Flügel mit einer konstanten Geschwindigkeit durch ruhendes Wasser zieht. Damit werden bekannte Bedingungen geschaffen und man kann damit eine effektive Eichmessung durchführen.

Dieses Verfahren wird bei der Eichenanlage hier in Ittigen angewendet. Dabei wird das Ausgangssignal des Flügels gemessen, das sind in der Regel Impulse, und die Geschwindigkeit des Wagens. Dazu misst man den gefahrenen Weg und die Zeit, die dazu aufgewendet wurde und rechnet daraus die Geschwindigkeit. Aus der Wegmessung und der Zeitmessung ergibt sich also die Geschwindigkeit.

Wenn man sich diese Messung vorstellt - ich habe einen Wasserkanal mit ruhendem Wasser und darin bewege ich den Flügel mit einer konstanten Geschwindigkeit und messe den zurückgelegten Weg und die dafür aufgewendete Zeit sowie das Messsignal - wird augenfällig, welche Randbedingungen eingehalten werden müssen, damit die Messung möglichst genau wird: Das Wasser muss erstens absolut ruhig sein, sonst gibt es Fehler, da sich die Wassergeschwindigkeit zur Messung addieren würde. Zum Zweiten muss die Geschwindigkeit möglichst gleichmässig und konstant sein, da nicht bekannt ist, wie der Einfluss eines vibrierenden, also ungleichmässig fahrenden Flügels sich auf die Messung auswirkt. Zudem müssen die Wegmessung und die Zeitmessung sehr genau sein. Wichtig ist auch, dass der Flügel auf eine konstante Geschwindigkeit gebracht wird, und zwar so, dass die Geschwindigkeit nie höher wird als

die konstante Geschwindigkeit, die erreicht werden soll. Auf diese Weise erhält man keine dem Flügel voreilenden Bewegungen im Wasser. Die Beschleunigung muss also möglichst gleichmässig sein und darf nicht überschessen.

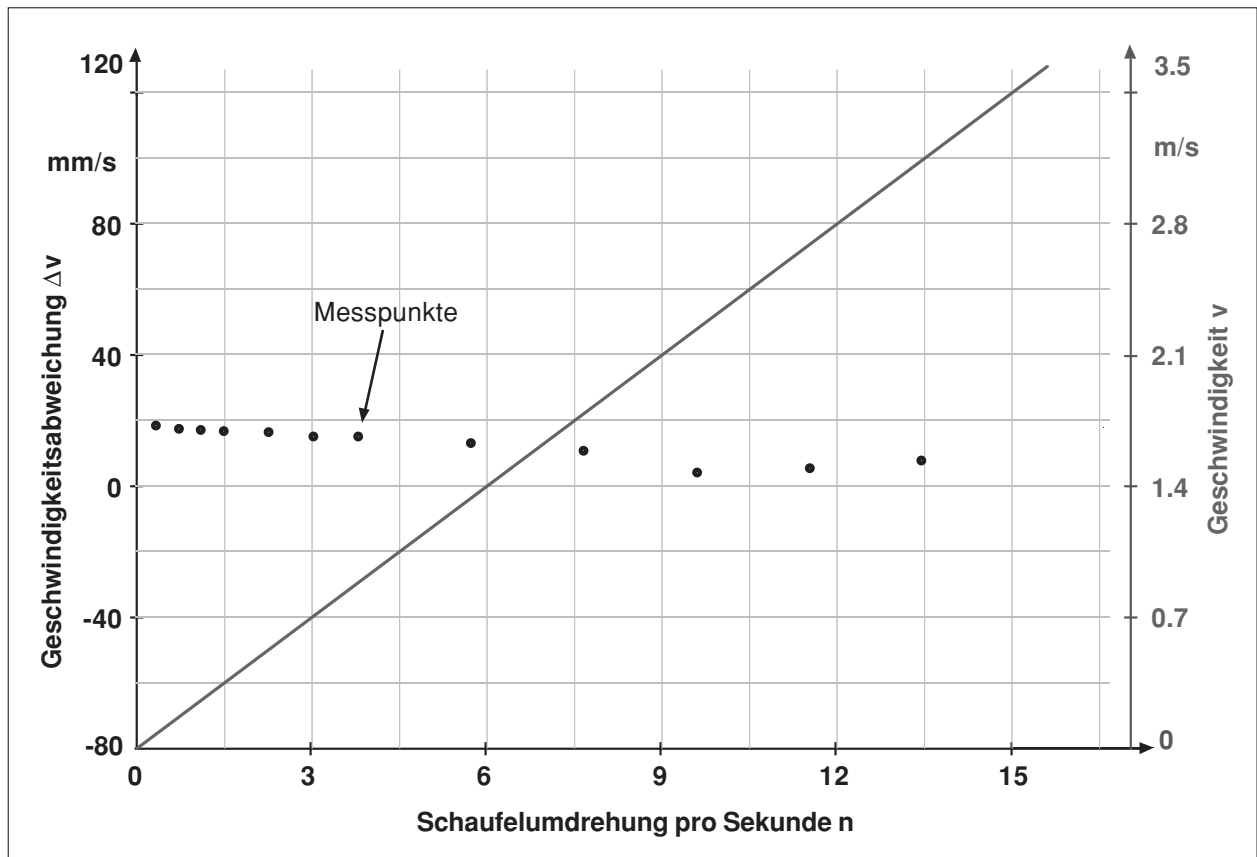


Abb. 2: Messpunkte als Abweichung von der idealen Gerade dargestellt

Für das Verständnis der genauen Messtechnik müssen wir jetzt zwei messtechnische Begriffe klären, die häufig - absichtlich oder unabsichtlich - vermischt werden. Und zwar der Begriff *Genauigkeit* und der Begriff *Auflösung*.

Die Genauigkeit bezeichnet die Abweichung einer Messung von einem Normal, Standard oder einer Definition. Wenn man zum Beispiel mit einer Waage 10 Kg misst, wie genau sind die 10 Kg bezogen auf das Normkilogramm? - Die Genauigkeit wird zB auch von der Temperatur beeinflusst und verändert sich mit der Zeit. Abweichungen vom Normal, also Fehler, gibt es immer. Beim Messen versucht man zu ermitteln, wie gross bzw. klein dieser Fehler ist.

Die Auflösung bestimmt, wie genau diese Zahl abgelesen werden kann. Wenn die Anzeige einer Waage zwei Ziffern hat, Zehner und Einer, ist die Auflösung 1 Kg. Ob nun 9,1 Kg oder 10,9 Kg gemessen werden, kann man nicht unterscheiden. Die Messung kann zwar einerseits gemäss der obigen Definition sehr genau sein, bei einer schlechten Auflösung andererseits kann diese Genauigkeit jedoch gar nicht ausgenützt werden.

Als Beispiel: Ich habe eine Stoppuhr mit Ein-Sekunden-Schritten und will nun eine Zeitmessung durchführen. Für eine Messung bis 100 Sekunden, da ich die Zeit ja nur in Sekunden ablesen kann, ist die Auflösung schlechter als 1%. Bei 100 Sekunden hätte ich 1 Sek Auflösung, das gäbe 1% Auflösung. Bei einer kürzeren Zeit habe ich also eine schlechtere Auflösung, und die Uhr kann noch so genau sein, die Messung wird nicht genauer sein als die Auflösung.

Es ist also wichtig, dass bei einer Messung die Auflösung gross genug ist, und nicht die Genauigkeit der

effektiven Messung verschlechtert, weil das Resultat nie genauer sein kann als die Auflösung.

Daraus ergibt sich die erste Voraussetzung für eine gute Messung, dass die Auflösung etwa 10x grösser sein sollte als die zu erreichende Genauigkeit. Wenn also das Resultat bei einer Messung auf 1% genau sein soll, sollte die Auflösung besser als 0,1% sein.

Die zweite Voraussetzung ist die, dass alle Messungen genau zur gleichen Zeit synchron durchgeführt werden, das heisst während der Zeit, in der die Impulse des Flügels gezählt werden, wird auch der Weg und die Zeit gemessen (Abb.3).

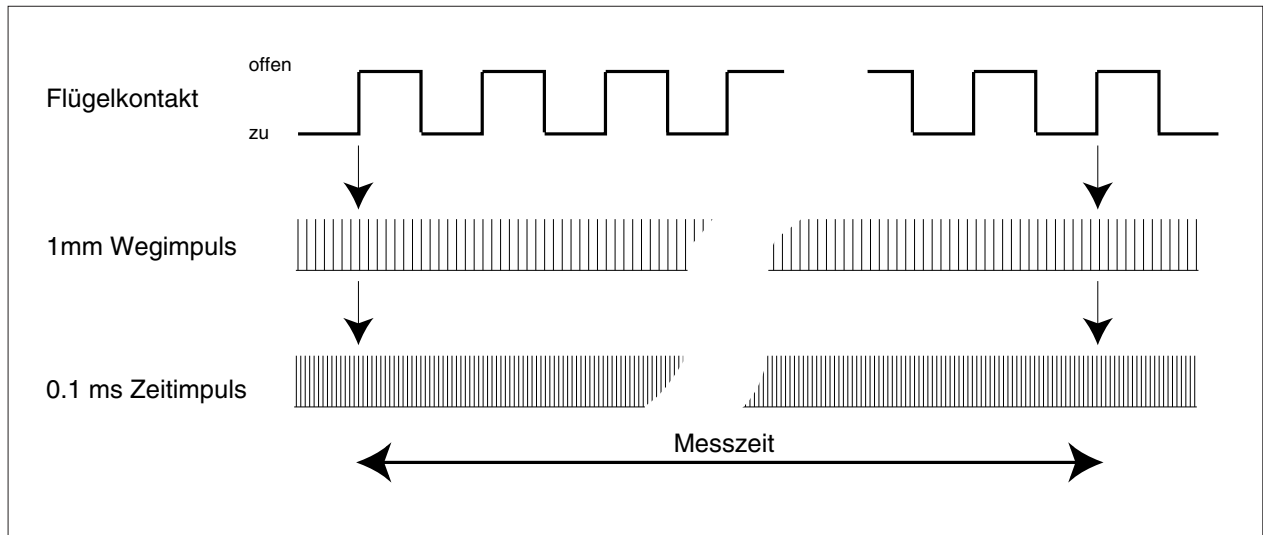


Abb. 3: Mess-Signale

2. Das Messprinzip der Eichanlage in Ittigen

Wie ist nun das Messprinzip bei der Eichanlage in Ittigen?

Der Flügel bewegt sich mit einer konstanten Geschwindigkeit durch das Wasser. Der Flügel gibt Impulse ab, die proportional zur Geschwindigkeit sind. Es werden nun während einer bestimmten Anzahl Impulse des Flügels der Weg und die Zeit gemessen.

Der *Weg* wird gemessen durch ein Rad, das auf der Schiene läuft, und über einen direkt gekoppelten Impulsgeber Impulse abgibt. Für jeden Millimeter Weg wird ein Impuls abgegeben. Das heisst die Wegmessung hat eine absolute Auflösung von 1mm. Bei einem Weg von zum Beispiel 1m ergibt das eine relative Auflösung von 0,1%, bei 10m ist die relative Auflösung 0,01%.

Die *Zeit*messung erfolgt durch Zählen von Impulsen von einem Quarzoszillator. Die Impulse haben eine Frequenz von 10 KHz (10'000 Impulse pro Sekunde), das gibt eine Periodenzeit von 0,1 ms. Bei der schnellsten Geschwindigkeit des Wagens in der Eichanlage von 10 m/s gibt das ebenfalls eine relative Auflösung von 0,01%. Die Auflösung der Weg- und Zeitmessung bei der schnellsten Geschwindigkeit über 10 m ist also je 0,01%. Da die Messung ja in der Regel über eine längere Distanz ausgeführt wird, verbessert sich dadurch die Auflösung noch. Soweit zur Auflösung der Messungen in der heutigen Eichanlage.

Die Genauigkeit der Wegmessung wird erreicht durch ein geschliffenes Messrad aus einer Speziallegierung, aufgrund welcher sich über den ganzen Temperaturbereich die Abmessungen nicht verändern und der Durchmesser des Rades konstant bleibt. Dieses geschliffene Rad läuft auf der geschliffenen Schiene ab und hat durch die kleine Masse und den Auflagedruck maximale Haftung und dadurch einen sehr kleinen Schlupf. Es hat eine relative Genauigkeit von mindestens 0,007 mm. Die Wegmessung selber kann wiederum geeicht und kontrolliert werden durch Marken, die entlang des Messkanales montiert sind.

Alle 4 m ist eine Marke montiert und diese Marken sind auf 0,05 mm genau ausgemessen. Das wurde durch das Amt für Messwesen geeicht und wird regelmässig kontrolliert. Aufgrund dieser Marken kann die Wegmessung jederzeit kontrolliert werden.

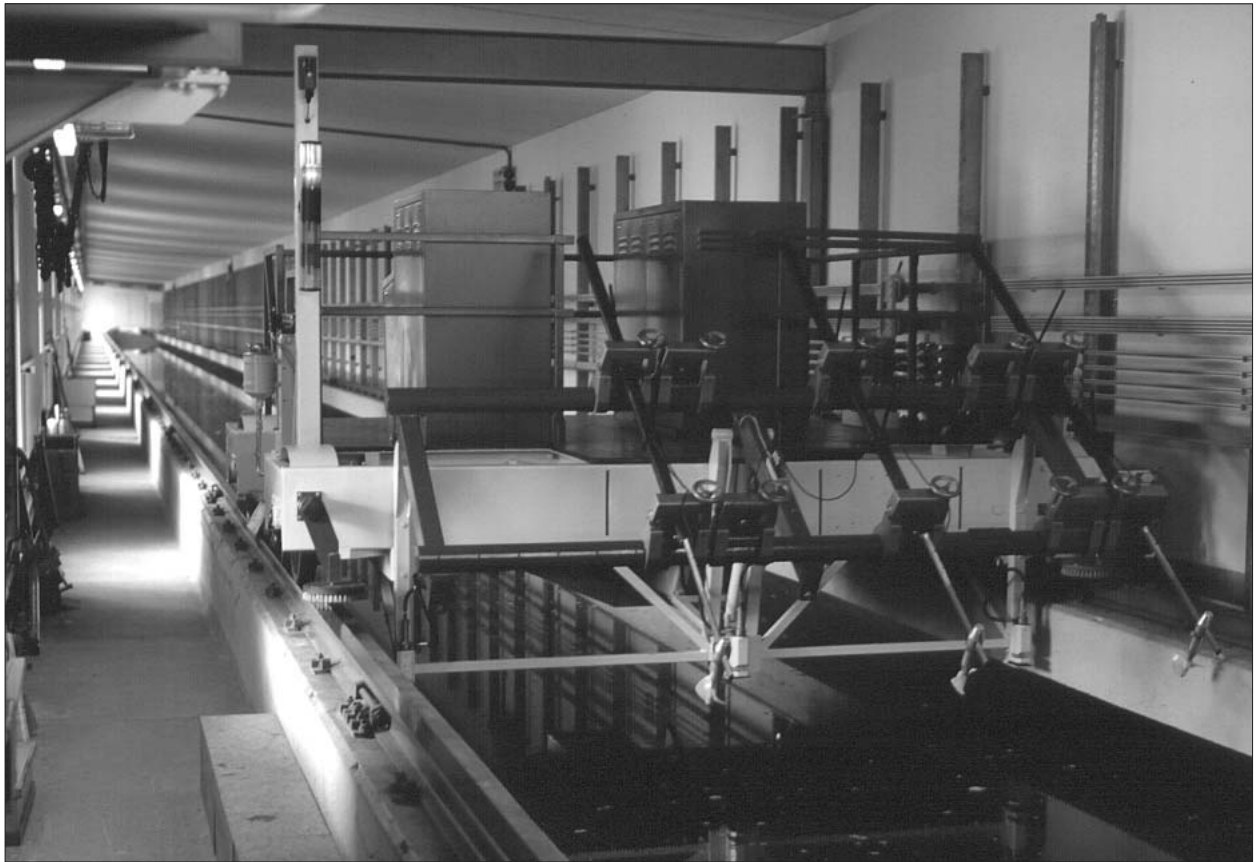


Abb. 4: Messwagen

Die Genauigkeit der Zeitmessung basiert auf einem Quarz. Die Genauigkeit des Quarzes ist mehr als zwei Zehnerpotenzen besser als die Auflösung und fällt somit überhaupt nicht ins Gewicht für die Messung. Die Messung der Geschwindigkeit ist also besser als 0,1%.

Die zweite Voraussetzung, die erfüllt sein muss, die Synchronisation der einzelnen Messungen, scheint einfach zu erzielen zu sein. Sie ist jedoch schwierig zu kontrollieren und im Nachhinein festzustellen, ob sie richtig konzipiert ist oder nicht.

Bei der Anlage hier steuert der Flügelimpuls direkt eine Zählerelektronik. Das heisst, der Anfang eines Impulses des Flügels öffnet die Zähler für die Zeit- und Wegmessung. Nach einer bestimmten Anzahl Impulsen des Flügels schliesst wieder der Beginn eines Impulses die Zähler für Zeit- und Wegmessung. Dies passiert alles direkt mit Elektronik und ist somit extrem schnell und absolut synchron.

Das gleiche Problem zum Beispiel mit einem Mikroprozessor mit Software gelöst, ergäbe einen konstanten Fehler, der schlecht zu bestimmen und nicht zu kontrollieren wäre.

Jeder Flügel, der montiert ist, hat eine eigene Messelektronik. Die Zählerstände werden nach der Messung gelesen und weiterverarbeitet. Es werden also für jeden Flügel unabhängig und unbeeinflussbar Weg- und Zeitimpulse gemessen. Dabei spielt es keine Rolle, ob der eine Flügel über 50 Impulse und der andere über 20 Impulse die Messung durchführt. Damit die Ungenauigkeiten der Flügelimpulse ausgeglichen werden, wird die Messung in der Regel über zehn oder mehr Impulse ausgeführt. Dadurch wird ein eventuelles Schwanken der Flügelimpulse gemittelt und somit reduziert.

3. Optimierung der Randbedingungen bei der Eichenlage in Ittigen

Wie werden nun die Randbedingungen bei der Anlage in Ittigen möglichst optimal gehalten?

Nach jeder Messung wird 1/4 bis 1/2 Stunde gewartet - bis das Wasser absolut ruhig liegt. Die Wassertemperatur im ganzen Kanal wird konstant gehalten. Der Wagen läuft auf geschliffenen Schienen. Die Schienen werden bei der Fahrt immer gereinigt, sie sind also nie verschmutzt. Der Wagen läuft absolut ruhig. Er wird angetrieben durch extrem starke Gleichstrommotoren, die eine konstante Beschleunigung ermöglichen, die absolut ohne Überschwingen in eine konstante Geschwindigkeit übergehen. Die Motoren haben eine komplexe High-Tech-Steuerung für die Geschwindigkeitsregulierung und laufen äusserst stabil.

Zum Beispiel wurde seit dem 1.1.1994 bis Mitte 1996 bei 760 Messfahrten eine Geschwindigkeit von 2m/s vorgegeben. Die effektiven Geschwindigkeiten lagen zwischen 1.999 und 2.0025 m/s!

Die Leistungsübertragung der Energie für diese Motoren erfolgt durch Schleifer, welche durch die konstante Reibung den Wagen nicht unnötig zu Vibrationen führen, was zum Beispiel eine nachgeführte, auf Rädern montierte Stromzufuhr unweigerlich zur Folge hätte.

Das heisst wir erzielen hier durch die mechanische Konstruktion des Wagens und des Kanals eine absolut optimale Beschleunigung und konstante Geschwindigkeit, was eine sehr ruhige Fahrt ermöglicht.



Abb. 5: Kommandoraum mit Blick auf Eichkanal

4. Der Aufbau der Eichanlage

Die Eichenlage besteht zum grössten Teil aus dem riesigen Wassertank, der 140 m lang ist, darauf läuft auf Schienen der Messwagen, der durch die Gleichstrommotoren angetrieben wird.

Auf dem Messwagen selber ist die Messdatenerfassung, die absolut autonom die Messdaten erfassen kann, und die auch den Motor über die Antriebssteuerung steuert. Die Bewegungen des Wagens werden also letztlich über die Messdatenerfassung ausgelöst.

Die Messdatenerfassung ist über eine optische Datenübertragung mit dem Kommandoraum verbunden. Im Kommandoraum steht der Rechner, mit welchem die ganze Anlage gesteuert wird und mit welchem die Daten auch ausgewertet werden.

Für jeden Messflügel müssen bei verschiedenen Geschwindigkeiten Messungen durchgeführt werden. Bei kleineren Geschwindigkeiten können zwei oder drei Flügel am Wagen montiert werden und es kann gleichzeitig gemessen werden. Bei grösseren Geschwindigkeiten ist nur noch ein Flügel allein am Messwagen, da die Strömung, die der Flügel verursacht, viel zu gross ist, so dass sich mehrere Flügel gegenseitig beeinflussen würden.

Ein oder mehrere Flügel, die am Messwagen montiert sind, haben ein sogenanntes Messprogramm zu absolvieren. Das heisst, es müssen Messungen bei verschiedenen Geschwindigkeiten ausgeführt werden. Dies geschieht nun vollautomatisch vom Kommandoraum aus über den Rechner gesteuert. Der Betreiber der Anlage kann am Rechner das von ihm gewünschte Messprogramm einstellen (Abb. 6).

Messpaket								
Montierte Flügel								
		Flügel 1	Flügel 2	Flügel 3	Flügel 4	Flügel 5		
Impulsvorwahl		20	20	20				
Messradumdrehungen		20	20	10				
Messdistanz		10.0 m	10.0 m	8.0 m				
Änderbares Mess-Set								
Set Nr	vsoll m/s	Flügel 1 Vorwahl (N)	Flügel 2 Vorwahl (N)	Flügel 3 Vorwahl (N)	Flügel 4 Vorwahl (N)	Flügel 5 Vorwahl (N)	vrück m/s	Pause h:min
11	⊕ 11	20	40	10			0.300	00:25
Messpaket								
Set Nr	vsoll m/s	Flügel 1 Vorwahl	Flügel 2 Vorwahl	Flügel 3 Vorwahl	Flügel 4 Vorwahl	Flügel 5 Vorwahl	vrück m/s	Pause h:min
1	* 0.100	20	40	10				
2	* 0.200	20	40	10				
3	* 0.300	20	40	10				
4	* 0.400	20	40	10				
5	* 0.500	20	40	10			0.300	00:25
6	* 0.600	20	40	10				
7	* 0.700	20	40	10				
8	* 0.800	20	40	10			0.300	00:25
9	⊕ 0.900	20	40	10				
10	⊕ 1.000	20	40	10			0.300	00:25
Löschen		Ändern		Übernehmen		OK		

Abb. 6: Messpaket (Messfahrten, die automatisch ausgeführt werden)

Er kann zum Beispiel einstellen, dass zuerst während 20 Flügelumdrehungen die Messung bei einer Geschwindigkeit von 0.1 m/s erfolgen soll, und wenn die Strecke noch reicht, dann kann er eine zweite Messung anfügen. Dazu wird der Wagen auf eine höhere Geschwindigkeit beschleunigt und misst bei 0.2 m/s während wieder 20 Flügelumdrehungen. Dann soll der Wagen mit 0.3 m/s zurückfahren, 25 min warten und dann die nächste Fahrt in Angriff nehmen.

Er kann also ein solches Messprogramm für verschiedene Fahrten am Rechner einstellen, starten, und

der Rechner steuert dann den ganzen Messablauf automatisch. Dies geschieht nun so, dass der Rechner die Einstellungen für eine Messfahrt über die optische Datenübertragung an die Messdatenerfassung übermittelt, die Messdatenerfassung startet dann den Wagen. Über die Antriebssteuerung gibt sie dem Motor den Befehl auf die gewählte Geschwindigkeit zu beschleunigen, der Wagen fährt, die Messung wird ausgeführt wenn die konstante Geschwindigkeit erreicht ist, dann wird gegebenenfalls wieder beschleunigt auf die nächste Geschwindigkeit. Wenn die Geschwindigkeit erreicht ist beginnt erneut eine Messung. Wenn die Messung beendet ist, stoppt der Wagen und fährt zurück. Die Daten werden nun direkt an den Rechner übermittelt. Wäre die optische Übertragung zum Beispiel gestört, behält die Messdatenerfassung auf dem Wagen die Daten und gibt die Daten erst zurück, wenn der Wagen in der Ausgangsposition ist. Der Wagen kann nicht wieder gestartet werden, bis er sich der Daten entledigt hat.

Die optische Messdatenübertragung wurde deshalb gewählt, weil dies einen störungsfreien Betrieb ermöglicht. Eine Datenübertragung über Kabel, welche nachgeführt werden, würde den Wagen beeinflussen. Eine Datenübertragung bei Schleifkontakten würde mit dem Alter störanfällig werden.

Während einer Messfahrt kann der Prüfer am Bildschirm verfolgen, was der Wagen macht. Die gemessenen Werte werden ihm laufend angezeigt und er sieht auch die Position des Wagens im Kanal (Abb. 7).

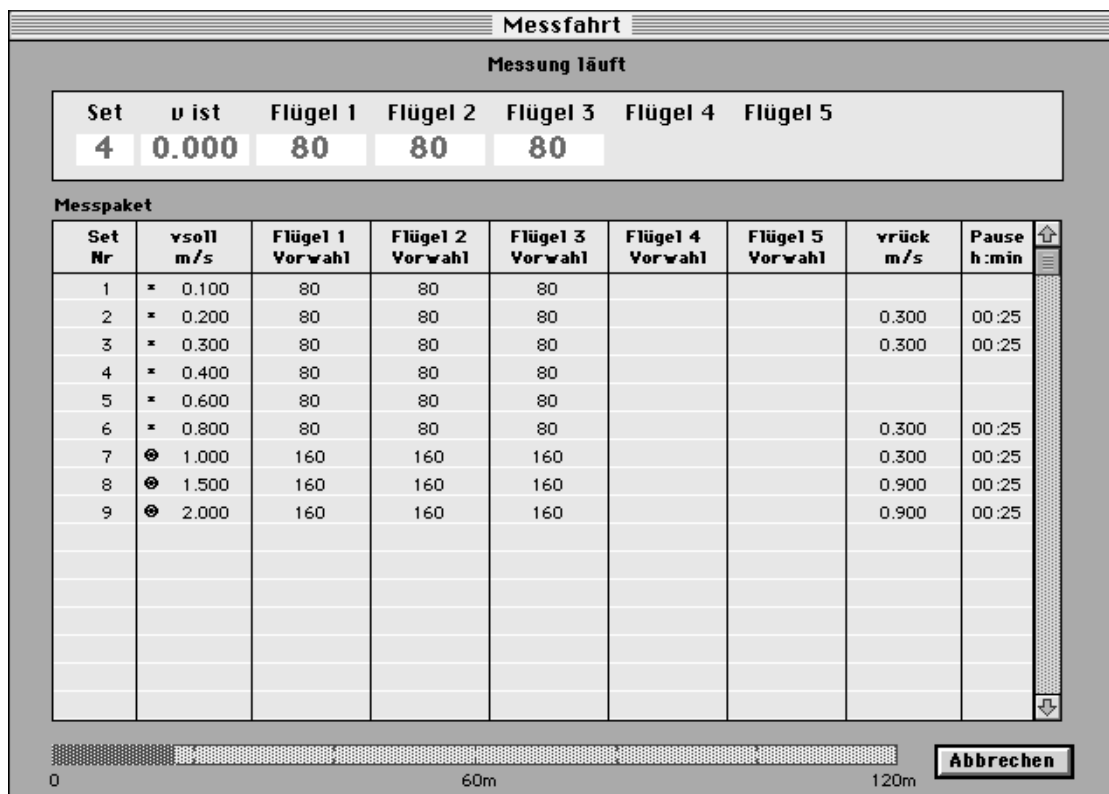


Abb. 7: Messfahrt

Da ein Messprogramm vollautomatisch ablaufen kann, ist es heute möglich, Messungen auch über Nacht und an Wochenenden auszuführen, ohne dass jemand in der Anlage ist. Die Anlage ist so konzipiert, dass es keine Kontrolle während dem Ablauf eines Messprogramms braucht. Man kann die Messungen vorbereiten, starten, und wenn man nach x Stunden wiederkommt, hat man die Resultate im Rechner.

Die gemessenen Daten können vom Rechner in einer Tabelle oder in einem Diagramm dargestellt werden. Sie können jedoch nicht verändert werden. Der Prüfer hat also keine Möglichkeiten, die Messung in irgendeiner Weise zu beeinflussen. Allein, wenn er von einer Messung das Gefühl hat, dass sie nicht stimmt, kann er die Daten löschen und muss danach die Messung nochmals durchführen.

Wenn nun von einem Flügel alle gewünschten Punkte, also Geschwindigkeiten, gemessen sind, kann

man diese darstellen. Man bekommt ein Diagramm mit den gemessenen Punkten und daraus muss nun die sogenannte Eich- oder Kalibriergerade erstellt werden (Abb.8).

Eine Eichgerade ist im Idealfall die Verbindung all dieser Messpunkte. Da die Punkte jedoch immer etwas abweichen von einer idealen Geraden, muss nun der Püfer die optimale Gerade durch diese Punkte legen. Dies kann er auf dem Bildschirm, wieder unterstützt durch den Rechner, sehr einfach ausführen. Wichtig ist jedoch hier genau der Mensch, der das Diagramm optisch betrachtet und optimal die Gerade legen kann. Ein Rechner könnte das in diesem Sinne nie machen.

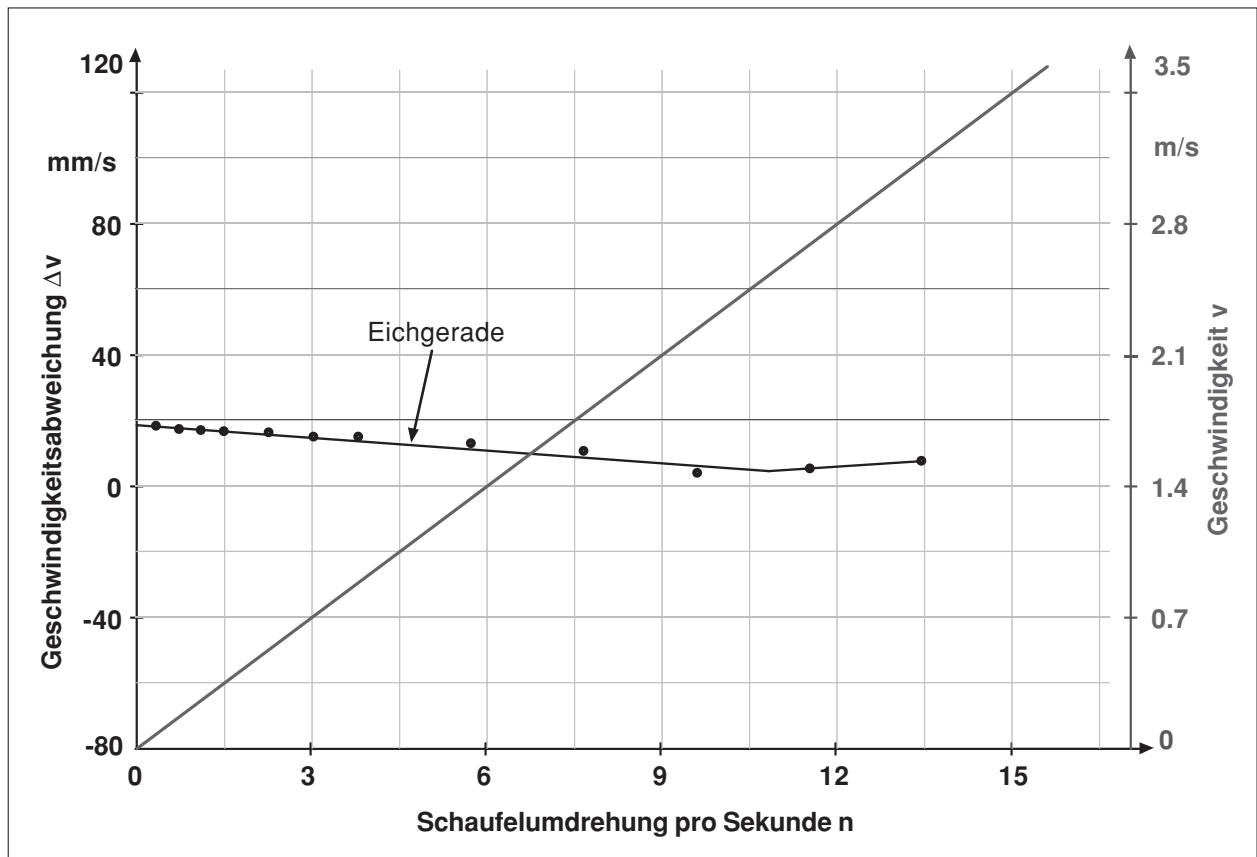


Abb. 8: Eichgerade durch die Messpunkte gelegt

Sind nun alle Messungen gemacht und die Eichgerade gelegt, kann das Messprotokoll, noch mit eventuellen Bemerkungen versehen, ins sogenannte Archiv gelegt werden (Abb. 9).

Sobald alles im Archiv abgelegt ist, besteht überhaupt keine Möglichkeit mehr, in Zukunft etwas abzuändern. Alle Messdaten und die Kurven bleiben gespeichert, man kann nichts mehr daran abändern. Jetzt kann man das Zertifikat und das Messprotokoll ausdrucken, das ist das, was Sie erhalten, wenn Sie einen Flügel hier eichen lassen.

Sie sehen, in Ittigen wird das, was automatisiert werden kann und durch den Menschen fehlerbehaftet ausgeführt werden könnte, absolut vollautomatisch gemacht. Die Messung, die Datenübertragung und das Datenspeichern wird alles automatisch gemacht. Niemand braucht eine Zahl irgendwo abzulesen und aufzuschreiben, es kann auch nichts verändert werden. So sind alle Daten möglichst genau und exakt. Der Mensch wird da eingesetzt, wo er gebraucht wird: um zu überlegen, was für Messungen ausgeführt werden müssen und wie die Eichgerade zu liegen kommt. Man braucht, entlastet von der schwierigen, mühseligen und fehleranfälligen Arbeit, dem Ablesen und Aufzeichnen von Daten, nur das auszuführen, was wichtig ist.

Durch die Automatisierung der Messanlage, dadurch dass Tag und Nacht gemessen werden kann, und

dass mehr als eine Messung pro Fahrt ausgeführt werden kann, ist die Effizienz der Anlage enorm gestiegen. So kann heute mit weniger Stress für den Prüfer mehr als doppelt so viel gemessen werden wie früher.

Die Durchlaufzeit für eine Eichmessung, das heisst Flügeleingang bis Zertifikatausgang, dauerte früher einige Wochen. Heute dauert es im Extremfall nur noch einen Tag.

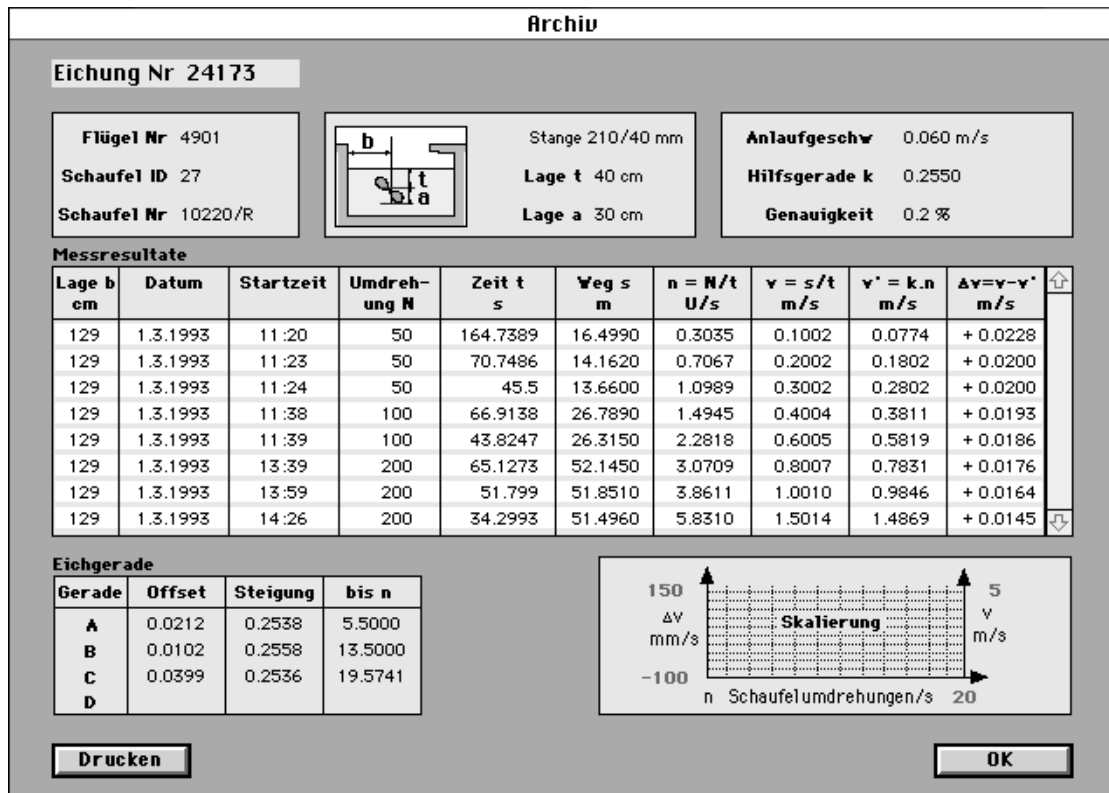


Abb. 9: Messprotokoll

5. Ausblick

Damit die Anlage auch in Zukunft auf dem neusten Stand der Technik, der Anforderungen steht, sind wir heute schon daran, zu überlegen, wie man Sensoren eichen kann, die Analogsignale liefern und nicht Impulse wie die Flügel, und wie dafür ein Eichzertifikat ausgestellt werden kann.

Alfred Kern ist Inhaber der A.P. KERN AG, welche die ganze Elektronik zur heutigen Eichanlage gebaut hat. Die Elektronik umfasst die Messdatenerfassung, die Messwertübertragung und die Software zum Rechner mit der Datenauswertung im Kommandoraum. Ebenso wirkte Alfred Kern in der Projektleitung der ganzen Eichanlage mit.

Adresse: Alfred Kern
A.P. KERN AG Software Engineering
Papiermühlestrasse 9
CH-3013 Bern