

# Meereshöhe, Nivellementshöhe, Pegelnull\*)

Von Pieter Jacobus Wemelsfelder

## Inhalt

I. Einleitung	89
II. Fünf Nullpunktsysteme für Pegel	90
1. System I: Das Mittelwasser des Meeres, $A_0$	90
2. System II: Örtliches Pegelnull, $P_0$	91
3. System III: Alle Pegel auf Landeshorizont, $N_0$	91
4. System IV: Das Doppelnull-System, $D_0$	92
5. System V: Pegelnull als Ausgangspunkt für das Haupthöhennetz, $W_0$	93
III. Ergebnisse von hundert Jahren mit dem $N_0$ -System	95
IV. Das fünfte System, Pegelnull auch Nivellementsnull	99
V. Das $W_0$ -System nach geodätischen Gesichtspunkten	100
VI. Einige konstruktive Einzelheiten der Nullpfähle	103
VII. Die günstigste Stelle für den Nullpfahl	104
VIII. Unveränderlichkeit der Meßanlage	104
IX. Schluß und Zusammenfassung	106
X. Schriftenverzeichnis	107

## I. Einleitung

Pegel sind gewiß älter als das Nivellieren. Man brachte die entlang von Kanälen und in Seen aufgestellten Pegel auf eine gemeinsame Höhe, die Horizontalebene, und zwar bei Stillwasser. Daher das Wort „waterpassen“ (= nivellieren). Oft geschah dies während einer Periode von Festeis, wodurch Windeinflüsse und Schwingungen fast auf Null reduziert wurden. Ausgangspunkt des „Netzes“ war damals also eine Pegelstelle.

Das muß ursprünglich in vielen Häfen, Tideflüssen und Binnengewässern der Fall gewesen sein. Die örtlichen Hauptpegel sind mithin lange Zeit Mittelpunkt für die unmittelbar nach diesen Pegeln orientierte Umgebung gewesen. Jede (Haupt-)Pegelstelle war also natürlicher Festpunkt für die eigene Umgebung.

Das Feinnivellement hat sich vom ursprünglichen „Nivellieren“ gelöst, nicht nur als Methode (die neueren Methoden des Feinnivellements sind gewiß dem „Nivellieren über das Eis“ überlegen), sondern auch hinsichtlich der Art und Weise von Höhenangaben. Und es ist gerade die Höhenangabe, die sich bis jetzt nicht mit der Art und Weise von Höhenangaben von Meereswasserständen mittels Pegelbeobachtungen in Einklang bringen läßt; daher die Aufsätze von PETERSEN (1958), LOHRBERG (1958), HAHN (1958), LANGE (1958) und GRONWALD (1959).

Meiner Meinung nach ist diese äußerst wichtige Diskussion noch durch eine nicht ausgesprochene Voraussetzung beeinflusst worden, daß sich nämlich die Differenzen zwischen Landeshorizont (NN) und Ortshorizont auf Millimeter oder nach längerer Zeit auf wenige Zentimeter beschränken würden.

Diese Voraussetzung nimmt dem Problem ein wenig an Schärfe. Ich bin aber der Meinung, daß diese Vereinfachung für die Verhältnisse in den Niederlanden auch gar nicht zutrifft. Deshalb möchte ich einen Beitrag zur Diskussion liefern.

\*) Nach einem Vortrag am 15. 10. 1959 in Bremen auf der 3. Arbeitstagung des Küstenausschusses Nord- und Ostsee.

Es gibt auch noch einen zweiten Grund, das Problem weiter zu durchdenken. Heutzutage ist man damit beschäftigt, die Küstenpegel Europas erstmalig mittels eines Anschlusses der Nivellementsnetze der betreffenden Staaten miteinander zu verbinden. Diese Arbeit im Rahmen der Union Géodésique et Géophysique Internationale (UGGI) ist grundlegend für ein Réseau Européen Unifié des Nivellements (REUN).

Wenn man die so verschiedenen Systeme, Ansichten und Erfahrungen der beteiligten Staaten auf dem Gebiete des Pegelwesens berücksichtigt, dann sieht man schon das Gespenst des Mißverstehens groß und drohend heranrücken. Auch, oder sogar besonders hinsichtlich weiterer internationaler Diskussionen erscheint mir eine mehr systematische Bearbeitung des Problems erwünscht.

## II. Fünf Nullpunktsysteme für Pegel

Wenn wir den idealen Festpunkt, den Mittelpunkt der Erde, außer Betracht lassen, dann haben wir fünf Möglichkeiten, eine Referenzebene zu wählen, in bezug auf die wir Wasserstandshöhen ablesen, tabellenmäßig festlegen und auf das Gelände oder in größerem Rahmen aufeinander beziehen können. Es sind

- I das Mittelwasser des Meeres,  $A_0$ ;
- II der Nullpunkt des örtlichen Pegels,  $P_0$ , nicht abgestimmt auf das Null des Nachbarpegels;
- III der Landeshorizont,  $N_0$ , einheitlich gültig für alle Pegel; örtliche Festpunkte bleiben unberücksichtigt;
- IV das Doppelnull-System,  $D_0$ , bei dem, wie nach der Deutschen Pegelvorschrift, sowohl Pegelnull (PN) als auch Landeshorizont (NN) örtlich maßgebend sind, aber getrennt bleiben;
- V das System  $W_0$ , bei dem das Pegelnull örtlich auf einen einheitlichen Pegelhorizont festgelegt wird, wobei der Landeshorizont von den Pegelfestpunkten abgeleitet wird.

Die Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme werden im folgenden kurz erwähnt und teilweise näher erläutert werden.

### 1. System I: Das Mittelwasser des Meeres, $A_0$

#### Vorteile

- $V_1$  Das Mittelwasser des Meeres ist ein besonders einfacher und damit einladender Begriff, für jedermann ohne weiteres verständlich.
- $V_2$  Das System könnte für die ganze Welt einheitlich sein.

#### Nachteile

- $N_1$  Wegen der vielen astronomischen und meteorologischen Variationen erfordert seine Anwendung schon mindestens einen Beobachtungszeitraum von zwanzig Jahren.
- $N_2$  Infolge positiven Niveauanstieges durch Abschmelzen des Welteises würde diese Referenzhöhe immer steigen. Die „genaue“ Höhe des mittleren Meeresspiegels ist also gerade als Horizont für das Binnenland, kurzum für alle Höhenvermessungen auf dem Lande, wertlos.
- $N_3$  Eine „genaue“ Bestimmung des mittleren Wasserspiegels ist technisch und wissenschaftlich wegen der folgenden Faktoren unmöglich:
  - a) Zeitlich und räumlich wechselnde Dichte des Wassers. (Sogar im Pegelschacht mißt der Schwimmer nicht die Höhe des Wasserspiegels des Außenwassers, sondern den Druck in Höhe des Eintrittsrohres.)
  - b) Wechselnde Temperaturen, die eine wechselnde Dichte desselben Wassers zur Folge haben.
  - c) Ständig wechselnder Windstau, der in den Jahresmitteln und noch bei langjährigen Mittelwerten Unterschiede von mehreren Dezimetern ergeben kann.

- d) Wechselndes Gefälle der großen Meeresströmungen.
- e) Wechselnde Stärke der Corioliskraft.

Es ist wohl ohne weiteres klar, daß von einer Reduktion auf „Normalwerte“ natürlich nie die Rede sein kann.

Als eine rohe Höhenangabe eignet sich also das Meeresniveau außerordentlich gut. Aber als genaue und wissenschaftlich festgelegte Referenzhöhe ist es wertlos und nicht faßbar.

## 2. System II: Örtliches Pegelnull, $P_0$

Gemeint ist ein Pegelnull auf willkürlicher Höhe, wie es an vielen Küsten in der Welt gefunden wird.

### Vorteile

- $V_1$  Die Nullpunkthöhe kann eine sinngemäße örtliche Bedeutung haben.
- $V_2$  Die Höhe kann örtlich gesichert sein und für unbeschränkte Zeit bleiben. Man braucht keine Rücksicht auf entfernte Pegel oder auf eustatische oder isostatische Niveauänderungen zu nehmen.
- $V_3$  Örtliche Interessen, verknüpft mit einem traditionellen örtlichen Null, bleiben durch Jahrzehnte hindurch unangegriffen.
- $V_4$  Die Beobachtungsreihen sind außerordentlich wertvoll hinsichtlich der Bodensenkungsforschung und des relativen Anstiegens des Meeres (VAN VEEN 1957).

### Nachteile

- $N_1$  Für viele Forschungen und Arbeiten ist die Ungleichheit der Nullpunkthöhen der Küstenpegel außerordentlich unbequem.

## 3. System III: Alle Pegel auf Landeshorizont, $N_0$

Alle Pegel werden nicht nur einmalig, sondern ständig auf den Landeshorizont gebracht und gehalten (von 1812 bis heute auslaufend das Niederländische System).

### Vorteile

- $V_1$  Einheitlicher Pegelhorizont.
- $V_2$  Zentralkontrolle beseitigt laufend Höhenfehler.
- $V_3$  Keine Sorge um ausreichende Erhaltung und Handhabung eines örtlichen Pegelnullfestpunkts.
- $V_4$  Das Ansteigen des Meeres, relativ zum Normalhöhenpunkt (bei uns Amsterdam), wird aus allen Wasserstandsganglinien gefunden.

### Nachteile

- $N_1$  Die Wahl des Staatlichen Normalhöhenpunktes, wie sorgfältig und sachverständig auch errichtet, bleibt ein Element der Willkür und des Zufalls, sei es auch nur durch den Verlauf der Staatsgrenze.
- $N_2$  Die Entfernungen bis zu den Pegeln betragen teilweise mehr als 100 km. Der Übertragung über solche Strecken haften Ungenauigkeiten an, die leider nicht zu vernachlässigen sind. Pegelnull ist deshalb weniger genau, als es scheint.
- $N_3$  Das Nachstellen der Pegel um Höhendifferenzen, die zum Teil auf Meßfehler bei den Nivellements herrühren, ist außerordentlich fragwürdig, aber nicht zu vermeiden.
- $N_4$  Der Landeshorizont wird nur einmal in zwanzig oder dreißig Jahren mittels Nivellements von hoher Genauigkeit zum Pegel gebracht. Erfahrungsgemäß muß man damit rechnen, daß sich in diesem Zeitraum zentimetergroße örtliche Abweichungen von  $N_0$  entwickeln, die erst nach vielen Jahren ans Licht kommen (s. III, Punkt 8).

- $N_5$  Wenn ein neues Feinnivellement dem Pegel eine neue Höhenlage vorschreibt, ist es oft so, daß der Pegel seine Höhenlage, örtlich betrachtet und relativ zu den örtlichen Wasserbauwerken, offensichtlich nicht geändert hat. Unter solchen Umständen ruft eine Änderung des Pegelnulls ein falsches Bild hervor. Das ist — wenigstens für die Praxis, wahrscheinlich auch für den Forscher — verwirrend.
- $N_6$  Man kann einmalig Wasserstandsbeobachtungen in eine neue Höhe umrechnen (AP in NAP und PN in NN). Wenn aber eine spätere Feinnivellierung wieder eine andere Höhe ergibt, ist es unmöglich, alle früheren Wasserstandshöhen wieder umzurechnen. Man hat ja folgendes zu überlegen:

Das Umrechnen auf den neuen Horizont erfordert unbedingt das Verwenden eines neuen Namens (wenn man das nicht täte, könnte niemand wissen, ob ein Wasserstand dem alten oder dem neuen Horizont angehört). Es ist aber völlig verfehlt, einen neuen Namen zu benutzen für etwas, das schon allgemein bekannt und millionenfach benutzt wird, nur deshalb, weil man beim Neueinmessen etwas andere Werte gefunden hat, die in vielen Fällen nur sehr örtlich bis zu wenigen Zentimetern, zum großen Teil nur um Millimeter von den alten abweichen. Wenn aber das große technische Publikum den alten Namen weiterhin benutzt (und das wird in hundert Jahren noch der Fall sein. Drückt der Zimmermann von 1960 nicht noch immer seine 10 mm in Zoll aus?), dann hat man nichts erreicht als eine endlose Verwirrung.

Gemäß  $N_5$  müssen wir die Pegel nachstellen; alte Werte zu korrigieren, ist gemäß  $N_6$  ausgeschlossen. Alle Bodensenkungsforschung, von arglosen Menschen außerhalb des Staatlichen Pegelüberwachungsdienstes betrieben, wird damit zu einem zum Mißlingen vorherbestimmten und irreführenden Spiel. (Die Arbeit von SAARLOOS 1951 ist u. a. an dieser Klippe gescheitert. Siehe auch unter Abschnitt III.)

Wer aber alle Pegelakten, die genauen Ergebnisse der Nivellements, die Protokolle über das Nachstellen der Pegel usw. zur Verfügung hat, der weiß nun um so mehr nicht, was er damit anfangen soll. Insbesondere wird er durch  $N_2$ ,  $N_3$  und  $N_4$  in ernsthafte Unsicherheit gebracht.

Wie schon gesagt, ist dieses  $N_0$ -System in den Niederlanden seit 1812 zur Anwendung gekommen. Wenn man die Vorteile  $V_1$  und  $V_2$  in den Vordergrund rückt und das völlige Fehlen jeder Kenntnis von Bodensenkungen und Meeresanstieg in der Mitte des neunzehnten Jahrhunderts mit ins Auge faßt, kann man es gewiß den damaligen Wasserbauern nicht übel vermerken, daß nach Verlauf von 150 Jahren auch Nachteile dieses  $N_0$ -Systems ans Licht gekommen sind.

#### 4. System IV: Das Doppelnull-System, $D_0$

In diesem System sind die Pegel örtlich mittels Röhrfestpunkten durch Sollhöhenunterschiede festgelegt. Diese Sollhöhen sind einmalig auf einen einheitlichen Horizont gebracht worden. In Deutschland war das im Jahre 1935 NN — 5,00 m. Ich möchte in meiner weiteren Darlegung diese 5 m-Differenz gern fortlassen und der Einfachheit halber die Schreibweise benutzen: im Jahre 1935 war, erstmalig und auch letztmalig, PN = NN.

Unabhängig von diesem örtlichen im Jahre 1935 festgelegten PN gibt es den Landeshorizont NN. Diese NN-Werte sind im Haupthöhennetz festgelegt und werden mittels Feinnivellements über das ganze Land verbreitet. Diese Höhen kommen auch an die Pegelstellen. Sie bleiben aber gut gesondert. Nach etwas längerer Zeit können sich zwischen NN und PN Differenzen entwickeln. (Wäre das nicht der Fall, dann gäbe es überhaupt kein Bedürfnis für Wiederholungsnivellements.) Diese Differenzen werden nie Anlaß geben, die Sollhöhe auf das neue NN zu bringen.

(Der Vorschlag von PETERSEN [1958] „der einheitliche Bezugshorizont kann nur erreicht werden, wenn die einmalig gewählte Beziehung ständig zu NN beibehalten wird“, lenkt von der Deutschen Pegelvorschrift hinüber zu System III.)

Man hat in diesem System also zwei Horizonte: PN, örtlich festgelegt, gültig für alle Wasserstände und den Nationalhorizont NN, der irgendwo im Lande festgelegt ist und für die Landesvermessung gilt. Daher unsere Bezeichnung dieses Systems IV als ein „Doppelnull“-System, D<sub>0</sub>.

#### Vorteile

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| V <sub>1</sub> Einheitlicher Pegelhorizont                     | (= III V <sub>1</sub> ). |
| V <sub>2</sub> Höhe örtlich gesichert usw.                     | (= II V <sub>2</sub> ).  |
| V <sub>3</sub> Örtliche Interessen geschont                    | (= II V <sub>3</sub> ).  |
| V <sub>4</sub> Für Bodensenkungsforschungen recht gut geeignet | (= II V <sub>4</sub> ).  |

#### Nachteile

- N<sub>1</sub> Örtlicher Pegelhorizont und Landeshorizont sind nicht auf Zentimeter genau identisch. Unter Umständen — vielleicht in weiterer Zukunft — hat man mit Dezimeterdifferenzen zu rechnen. Man hat sich jedenfalls für zentimetergenaue Forschungen diese Differenz fortwährend klar vor Augen zu halten. Für die Praxis bedeutet das:
- N<sub>2</sub> für ozeanographische Forschungen werden dann und wann kleine Umrechnungen durch Kopfrechnung durchzuführen sein;
- N<sub>3</sub> für wichtige Wasserbauarbeiten wie Brücken, Schleusen, Deichkronen usw. muß man eigentlich mit zwei Horizonten rechnen: mit Pegelnul für alles, was die Wasserhöhen anbetrifft, und mit Landeshorizont für alles, was mit der Landesaufnahme und der Bautechnik zu tun hat;
- N<sub>4</sub> für die schon zentimetergroßen Unterschiede, mit denen man z. B. für die niederländischen Verhältnisse zu rechnen hat, wäre es schwer hinzunehmen, wenn nach der öffentlichen Meinung die Pegel nie und nirgends genügend genau auf NAP stehen würden. Man kann sicher sein, daß jeder Zuständige alle Wasserhöhen, die ihm zur Kenntnis kommen, sofort in die „gute“ Höhe umrechnen wird.

### 5. System V: Pegelnul als Ausgangspunkt für das Haupthöhennetz, W<sub>0</sub>

Es ist das Hauptziel dieser Darlegung, ein fünftes System vorzuführen. Dafür können wir die jetzt folgenden Abschnitte nicht entbehren. Ich halte es aber für besser, schon vorgehend die Kennzeichen dieses Systems in der Reihenfolge der fünf Systeme hier aufzuführen.

Dieses letzte System, das wir für eine bessere Lösung halten als das dritte oder vierte, ist folgendes:

Das Pegelnul wird örtlich durch Festpunkte gesichert. Der einheitliche Pegelhorizont wird einmalig durch Feinnivellement hergestellt. Die Pegelfestpunkte werden zu Normalhöhenpunkten des Haupthöhennetzes. Der Landeshorizont ist nicht mehr eine „Sollebene“, die einer theoretischen Äquipotentialebene immer aufs neue möglichst ähnlich zu sein sucht, sondern eine technische Ebene, die durch die Nullpunkthöhen der Pegel geht, ungeachtet, ob diese millimetergenau eine Äquipotentialebene miteinander bilden oder nicht.

Wir benutzen das Symbol W<sub>0</sub> als ein Zeichen dafür, daß in diesem System dem Wasser wieder seine ursprüngliche Hauptrolle zufällt.

#### Vorteile

- |  |  |
|--|--|
| V <sub>1</sub> Einheitlicher Pegelhorizont   | (= III V <sub>1</sub> und IV V <sub>1</sub> ). |
| V <sub>2</sub> Höhe örtlich gesichert usw.   | (= II V <sub>2</sub> und IV V <sub>2</sub> ).  |
| V <sub>3</sub> Örtliche Interessen geschont  | (= II V <sub>3</sub> und IV V <sub>3</sub> ).  |
| V <sub>4</sub> Für Bodensenkungsforschungen recht gut geeignet   | (= II V <sub>4</sub> und IV V <sub>4</sub> ).  |
| V <sub>5</sub> Pegelnul, Ortshorizont und Landeshorizont sind und bleiben für immer identisch. Einfach, für jedermann verständlich, nie Korrekturen, nie Änderungen. |  |

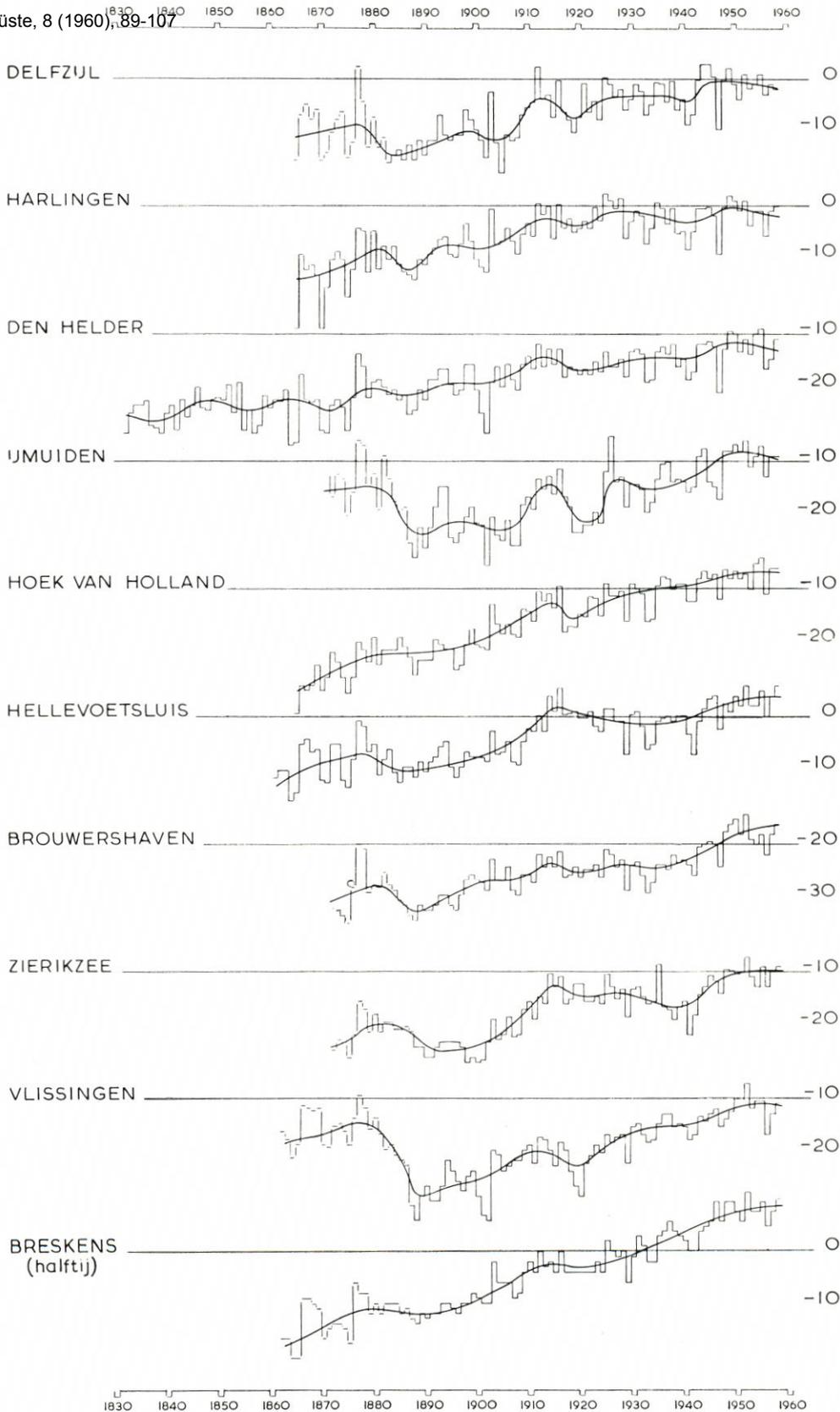


Abb. 1. Jahresmittel des Mittelwassers, berechnet aus acht aequidistanten Stunden je Tag in einem Zeitraum von 90 bis 125 Jahren an zehn Küstenpegeln

## Nachteile

- $N_1$  Für ozeanographische Forschungen müssen dann und wann kleine Umrechnungen durch Kopfrechnung gemacht werden (= IV  $N_2$ ).
- $N_2$  Für genaue Angaben von Höhendifferenzen zwischen den Pegelnullpunkten sind ergänzende Feinnivellements notwendig. (Dieser Nachteil ist IV  $N_1$  ähnlich. Die Nachteile IV  $N_3$  und IV  $N_4$  fallen hier aus!)

## III. Ergebnisse von hundert Jahren mit dem $N_0$ -System

Aus dem Buch „Rivierkundige Verhandeling“ von CORNELIUS VELSEN (1749) geht hervor, daß man schon damals Gefällslinien für die Flüsse und Gezeitenströme mit dem Amsterdamer Null als Landeshorizont zeichnete. Das oben genannte dritte System  $N_0$  war also damals in den Niederlanden schon geläufig. Wenigstens seit 1813 ist es das offizielle System. Im Jahre 1936 ist es zentralisiert und normalisiert worden; jedes Halbjahr werden die Schreibpegel den Lattenpegeln gleichgestellt, jedes zweite Jahr werden die Lattenpegel geprüft und alle dreißig Jahre werden die örtlichen Marken mittels eines Nivellements von hoher Genauigkeit an den Normalhöhenpunkt „Amsterdam“ neu angeschlossen.

Im großen und ganzen stehen die Pegel also immer auf dem Landeshorizont  $N_0$ . Sehen wir jetzt, was die Wasserstandsbeobachtungen in diesem System uns zu sagen haben.

In Abbildung 1 werden für zehn Küstenpegel die Trendkurven des Mittelwassers gegeben (für Breskens Halbtide). Absichtlich sind durch diese Jahreswerte nicht gerade Trendlinien gezeichnet, sondern sich schlängelnd anpassende Linien. Jede Linie ist ohne Rücksicht auf den Verlauf der Nachbarpegel gezeichnet worden.

Es ergibt sich nun folgendes:

1. Alle Pegel zeigen unverkennbar ein Ansteigen des Meeres. In dem siebenzigjährigen Zeitraum von 1889 bis 1958 ist der errechnete Mittelwert 20 cm je Jahrhundert.

Das Ansteigen ist nach dem Prinzip des Systems III ein Ansteigen des Meeres relativ zum Normalhöhenfestpunkt Amsterdam. Die Pegel selber und ihre Umgebung bleiben völlig außer Betracht<sup>1)</sup>.

2. Das Ansteigen der drei nördlichen Pegel Den Helder, Harlingen und Delfzijl beträgt im Mittel 13 cm im Jahrhundert, das der sieben Pegel von Breskens bis einschließlich IJmuiden 23 cm im Jahrhundert. Diese Ungleichheit rührt jedenfalls nicht von einer örtlichen Ungleichheit der Bodensenkung zwischen Nord und Süd her. Die Wasserstandsbeobachtungen sind ja alle auf NAP bezogen, das ständig die Höhe des Haupthöhenpunktes Amsterdam bleibt. Die jedenfalls bezeichnende Ungleichheit zwischen Nord und Süd muß völlig dem Verhalten des Meeres zugeschrieben werden. Im Abschnitt II sind unter dem System I  $N_3$  fünf Möglichkeiten erwähnt, die Anlaß zu einem relativ stärkeren Ansteigen des Meeres im Süden als im Norden geben können.

Natürlich ist auch noch immer die Möglichkeit vorhanden, daß das Meer in Nord und Süd gleich viel gestiegen ist und daß man ein scheinbares Ansteigen im Süden von 23 cm gegenüber nur 13 cm im Norden als eine Folge der Ungenauigkeiten des Feinnivellements zu verstehen hat.

Es ist klar, daß man in bezug auf das erörterte Problem mit einer Anwendung des

<sup>1)</sup> Was SAARLOOS (1951) berichtet, ist leider grundsätzlich falsch. Er hat versucht, Reste des Systems II wiederzufinden oder sogar hineinzukonstruieren in das Arbeitsgebiet des Systems III. Dieser Aufsatz ist deshalb verführerisch und verwirrend und hat mit dem Netz der Niederländischen Hauptpegel so gut wie nichts zu tun.

Systems IV oder V grundsätzlich nicht weiterkommt. Eher würde man gerade dann zu dem Trugschluß kommen, die Ungleichheit wäre eine Folge ungleicher Bodensenkung.

Es ist nicht meine Absicht, diese Einzelheit hier weiter zu untersuchen. Es genügt hervorzuheben, daß es überhaupt solche Probleme gibt.

3. Die meisten Abweichungen der Jahresmitte von der Trendlinie müssen offensichtlich den meteorologischen Einflüssen zugeschrieben werden. Ich glaube, man hätte mehr Kongruenz zwischen Nachbarpegeln erwarten können. Die Inkongruenz ist sicher ein Zeichen dafür, daß noch manche störenden Einflüsse vorhanden sind, die sich im Jahresmittel noch zu Zentimetergröße auswirken.

4. Die Trendlinien zeigen allerhand Schwingungen. Merkwürdigerweise sind sie sehr verschieden und sogar Nachbarpegel zeigen keine Kongruenz. Als mögliche Ursachen für solche „Schwingungen“ können genannt werden:

- a) Unstetigkeiten im Anstieg;
- b) örtliche Bodenbewegungen zwischen zwei Hauptnivelements;
- c) langfristige astronomische Komponenten;
- d) langfristige meteorologische Einflüsse;
- e) örtliche Zahlenwerte der in Abschnitt II unter System I N<sub>3</sub> genannten fünf Einflüsse;
- f) ungleichzeitige Verstellungen des Schreibpegels, des Lattenpegels und der Kontrollmarken;
- g) Neuanschlüsse bis zu weiter entfernten Höhenpunkten.

Vielleicht gibt es noch mehr Ursachen. Aus diesen sieben geht aber schon klar hervor, daß man überhaupt kein gleichförmiges Ansteigen erwarten darf. Der Charakter der gezeichneten „Schwingungen“ ist bestimmt am besten damit beschrieben, daß sie auf schöne und elegante Weise dem Zufall eine Gestalt geben.

5. Ungefähr zwischen 1875 und 1885 zeigen zwei Pegel (Breskens und Hoek van Holland) kein oder fast kein Fallen der Wasserstände. Sechs Pegel zeigen ein Fallen in der Größenordnung von 5 cm, und zwei (Vlissingen und IJmuiden) zeigen einen unwahrscheinlich großen Abfall. Ob und wie das eine Folge des in diesen Jahren durchgeführten Nivellements hoher Genauigkeit sein könnte, ist bis jetzt nicht geklärt worden. Solche Erscheinungen machen uns etwas trübsinnig. Ganze Generationen sind eingehend damit beschäftigt gewesen, alles mit peinlicher Genauigkeit zu ordnen. Und dennoch passiert so etwas. Wir wissen sogar nicht, was denn eigentlich unrichtig ist: die ersten beiden Pegel, die sechs, oder die letzten zwei. Oder vielleicht ist auch alles gut und nur die Natur hat uns etwas Unerwartetes beschert.

6. Örtliche Verhältnisse am Pegelort können die Trendlinien beeinflussen. So ist im Jahre 1945 in IJmuiden eine neue große Entwässerungsschleuse in Betrieb genommen worden. Die Dichte des Wassers im Hafen wird sich deshalb geändert haben. Deswegen kann sich das Mittelwasser am Pegel geändert haben. Leider ist es nicht möglich, das auf andere Weise festzustellen, als gerade an Hand von Vergleichen mit anderen Küstenpegeln. Abbildung 1 zeigt, wie schwierig, ja fast unmöglich es ist, Einzelheiten wie diesen nachzuspüren.

7. Etwas ähnliches ist in Hoek van Holland der Fall. Der Pegel befindet sich 2 km oberhalb der Mündung des Wasserweges nach Rotterdam. Die Strömungsverhältnisse in der Mündung haben sich fortwährend beträchtlich geändert. Auch hier ist eine Rückwirkung auf die mittleren Wasserstände, sei es unmittelbar auf die Höhen, sei es mittels der Änderungen der Dichte, wahrscheinlich. Auch dieser örtliche Einfluß läßt sich schwer von allen anderen Bewegungen der Trendlinie trennen.

8. Es sei ergänzend noch erwähnt, daß in einem Zeitraum von zehn Jahren drei erstklassige Pegel erster Ordnung (nicht in Abb. 1 gezeigt), einschließlich ihrer zehn bis zwölf zugehörigen Marken, um 6 bis 10 cm gesunken sind. Drei in diesem Zeitraum ausgeführte Höhenprüfungen ließen keine Änderung erkennen, weil alle Marken in 10 bis 15 km Ent-

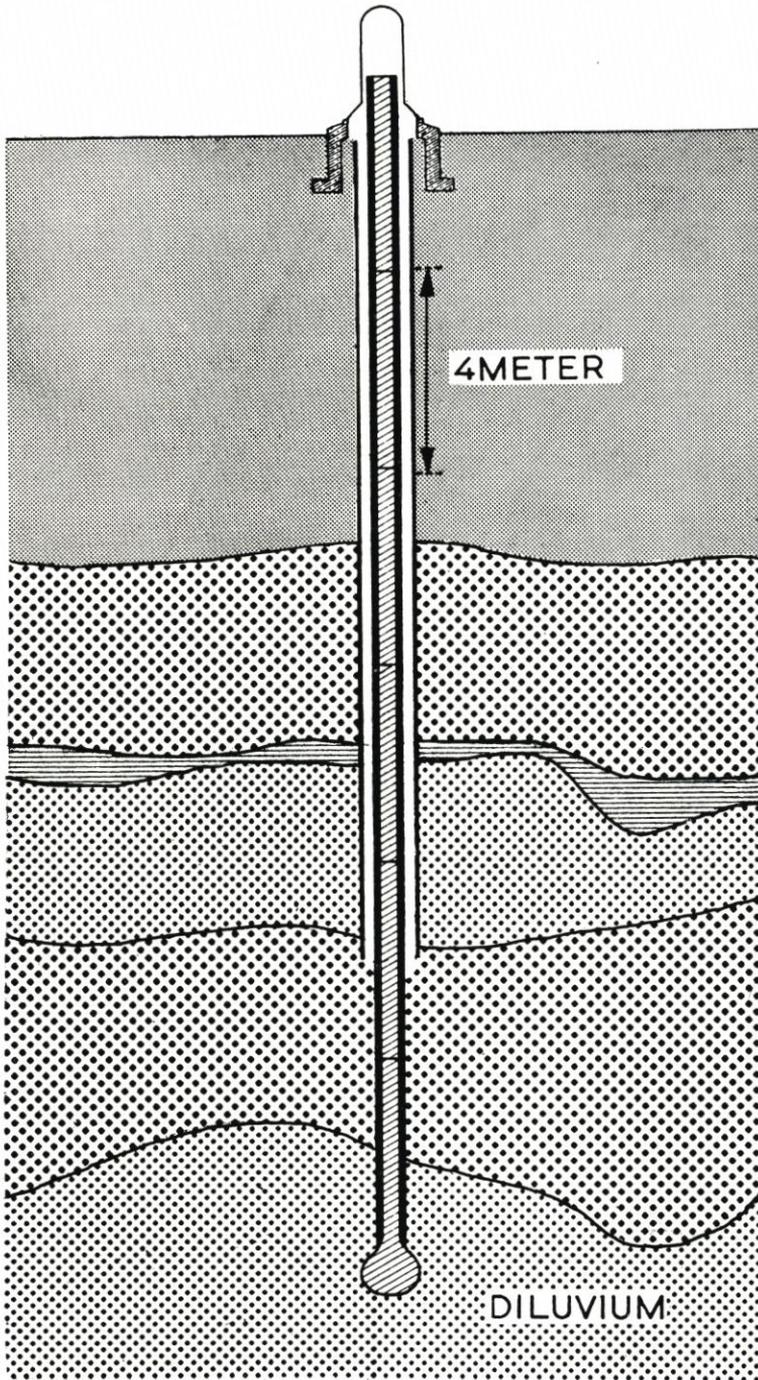
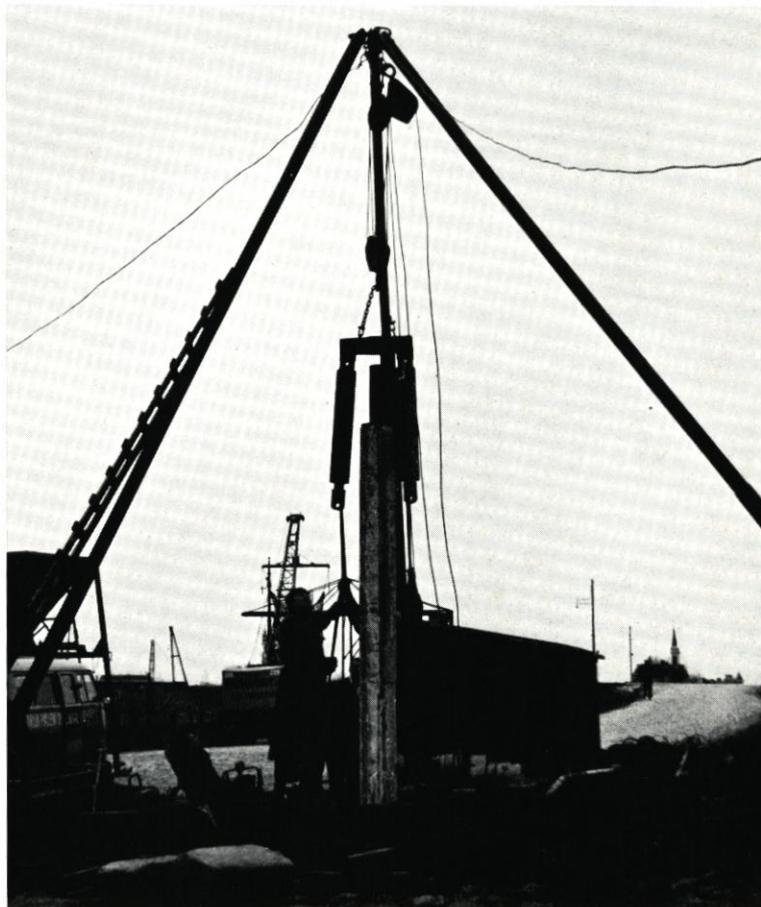


Abb. 2. Konstruktion eines Nullpfahles mit Schutzkappe

fernung dieselbe Senkung mitgemacht hatten. Schließlich war es die Bürokontrolle, die mittels Differenzen und Gefällslinien zwingend zeigte, daß etwas nicht stimmte. Ein alsdann ausgeführter Neuanschluß dieses Gebietes an das Haupthöhennetz ergab die genannte Senkung.

In zwanzig Jahren hat es drei solcher Fälle gegeben. Das hat den Glauben an die Möglichkeit, die Pegel und ihre Kontrollmarken über dreißig Jahre sich selbst überlassen zu können, etwas erschüttert.



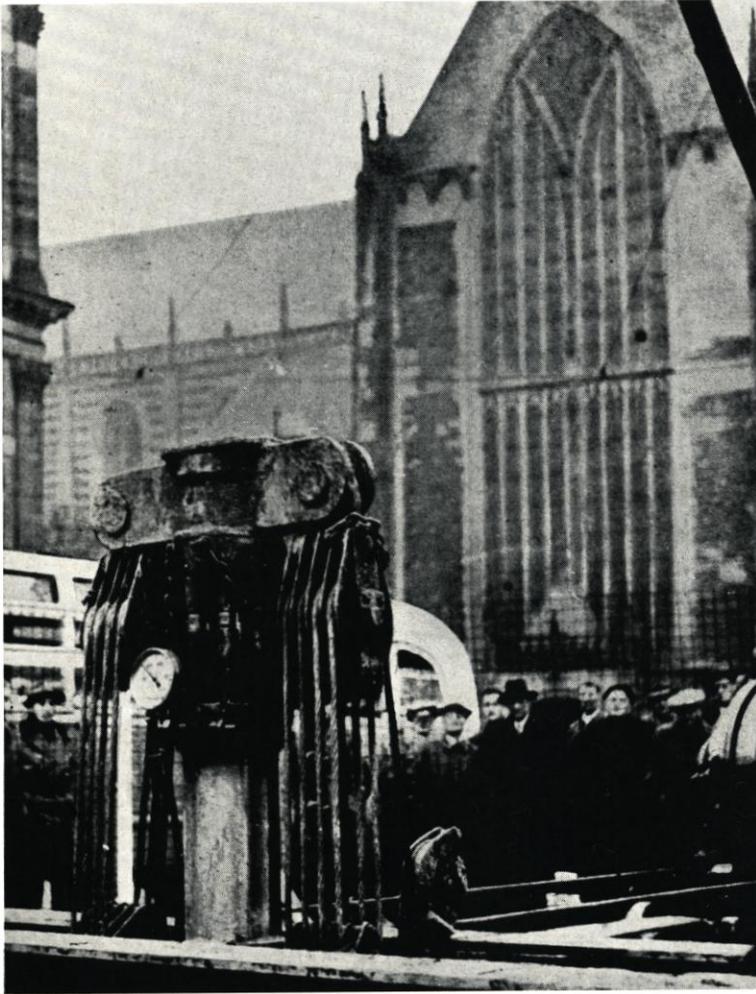
AUFN. E. WEERT 1957

Abb. 3. Nullpfahl in Amsterdam  
Das Hineindrücken der vier Meter langen Teilstücke

Es ist klar, daß man mehreren der hier genannten Probleme ausreichend dadurch entgegenkommen kann, daß man den Pegeln ihre in Deutschland wohlbekannten Rohrfestpunkte gibt. Daß wir das bis jetzt bewußt nicht getan haben, rührt daher, daß wir Unterschiede zwischen Pegelnull und NAP bestimmt nicht hinnehmen können. Es gibt in den Niederlanden eine so unzählig große Menge von Objekten und Einrichtungen, die unmittelbar mit dem Wasser und den Wasserhöhen verbunden sind und zugleich auch peinlich genau in Beziehung zum Landeshorizont gebracht oder gehalten werden müssen, daß nie eine Differenz zwischen beiden hingegenommen werden kann. Auch sprechen wir nicht davon, ob es sich

nur um wenige Millimeter (wie man es in Deutschland hofft) oder mehrere Zentimeter handelt (was an unserer Küste schon der Fall ist), wir können nur eine sowohl theoretische als auch praktische Identität hinnehmen.

Wir kommen damit zu dem jetzt weiter zu entwickelnden fünften System.



Reproduktion

Abb. 4. Nullfahl in Amsterdam, 1953 (Betondruckpalen de Waal)

#### IV. Das fünfte System, Pegelnull auch Nivellementsnull

Fangen wir die Erörterung vom Gesichtspunkt des Pegelwesens her an. Hauptbedingung ist, daß die Pegel örtlich gesicherte Nullpunkte bekommen und daß nur diese örtlichen Festpunkte maßgebend sind. Mit Rücksicht auf das Haupthöhennetz denke man sich die Festpunkte von Haupthöhen-Qualität. Ich werde sie als Nullpfähle bezeichnen.

Die Nullpunkthöhe wird einmalig mit dem zu der Zeit geltenden NAP gleichgesetzt. Diese Höhe, sei es NAP selbst oder ein rundes Metermaß höher, wird in solcher Weise am

Nullpfahl festgelegt, daß es später eigentlich nicht möglich ist, die Höhe dieser Marke zu ändern. (Außer Betracht bleibt der Sonderfall von Fehlkonstruktionen oder Zerstörungen.) Der Nullpfahl wird Muttermarke für alle Höhenmarken im Umkreis von 5 oder 10 km. Diese weitere Umgebung werde ich als Nullprovinz bezeichnen. Ein wichtiger Erfolg eines solchen Zusammenhanges ist, daß die (guten) Marken der Nullprovinz eine automatische Kontrolle über den Nullpfahl ergeben. Es ist also nicht zwingend nötig, diese in duplo auszuführen.

Diese Anordnung sichert die Identität von Pegelnull und Landeshorizont oder, wie man auch sagen könnte, Ortshorizont, was am Schluß des vorigen Abschnittes ausdrücklich gefordert wurde.

Dieses System führt dazu, daß die ganze Küste mit einem Gürtel von Nullprovinzen versehen wird, die alle auf eigene Nullpfähle bezogen sind. Dasselbe trifft für die Tidengewässer und für die Pegel der großen Flüsse zu, was hier keiner weiteren Erörterung bedarf.

Im Laufe von Jahrzehnten können sich für jeden Nullpfahl Differenzen zu dem ursprünglichen NAP-Horizont entwickeln. Diese Differenzen sind als solche völlig uninteressant. Von besonderem Interesse sind dagegen die Anstiege der örtlich gemessenen Wasserstände im Verhältnis zum örtlichen Pegelnull und dem örtlichen Horizont. Und diese Werte werden unmittelbar, ohne Zwischenwert, gemessen und errechnet. Das Wort Amsterdam oder Wallenhorst kann dabei völlig vergessen werden.

Für ozeanographische Forschungen und die Küstenforschung spielen Höhenunterschiede oft eine Rolle; daher auch das dringende Bedürfnis nach einem einheitlichen Pegelhorizont. Bei unserer Lösung kann allerdings der ursprüngliche Horizont allmählich verlorengehen. Die Differenzen zum ursprünglichen Horizont sind auch nicht von Interesse, sondern nur die Differenzen von Differenzen. Es ist zu erwarten, daß diese Differenzen von Differenzen bei Nachbarpegeln immer fast gleich Null sein werden.

Das System  $W_0$  ist also völlig zutreffend und genügt allen Anforderungen des Pegelwesens.

#### V. Das $W_0$ -System nach geodätischen Gesichtspunkten

Es ist gar nicht notwendig, daß wir uns jetzt auf das Fachgebiet unserer Kollegen wagen. Bleiben wir lieber noch ganz im eigenen Hause. Wie schon erwähnt, war der ursprüngliche Haupthöhenpunkt für den Nivellementschorizont von vielen Staaten ein Pegel, nämlich Amsterdam<sup>2)</sup>. Auch in Belgien und Frankreich ist das der Fall und wahrscheinlich in vielen anderen Ländern.

Die Geodäten haben fast kein Interesse für „Höhen“. Ihre ganze Arbeit und ihr Interesse haben Höhendifferenzen zum Ziel. Die Höhen an sich sind nur an der Küste von besonderer Bedeutung, d. h. im Arbeitsgebiet der Coastal Engineering, der Ozeanographen, von Häfen und Schifffahrt. Und das Mittel, um die Meereshöhen zu meistern, ist das Pegelwesen. Die Forderungen des Pegelwesens sind also primär.

Die Festpunkte sind für die Geodäten nur Hilfsmittel. Sie interessieren sich gar nicht für die Lage und die Höhe dieser Festpunkte, wenn sie nur fest sind, so fest, wie vernünftiger-

<sup>2)</sup> Der Hafen Amsterdam war ehemals über das offene IJ, die offene Zuiderzee und das Waddenmeer mit der Nordsee verbunden. Im Jahre 1872 ist der Hafenkomplex Amsterdam von der Zuiderzee abgetrennt worden, und im Jahre 1932 wurde die Zuiderzee abgeschlossen. Pegelnull Amsterdam wurde schon vor 1749 als Landeshorizont benutzt, und das ist bis heute so geblieben, wenn auch der Pegel selbst seit 1872 aufgehoben ist.

weise gefordert werden kann. Auch das Pegelwesen erfordert Festpunkte, und zwar von wenigstens derselben Qualität. Hinzu kommt noch, daß das Pegelwesen seine Festpunkte unbedingt an Ort und Stelle haben muß.

So ist denn die Lösung klar: Als Normalhöhenpunkte des Haupthöhennetzes wählt man zuerst die Nullpfähle der Pegel. Und wo sich keine Pegel befinden, kann das Vermessungsamt die Höhenpunkte nach Bedarf ergänzen.

Was die Höhen anbetrifft, wird man sich eine neue Anschauung zu eigen zu machen haben. Bis jetzt war man der Meinung, der Landeshorizont sei theoretisch eine Äquipotentialebene, und jedes neue Nivellement hat die Aufgabe, für Zehntausende von Marken die genauen Höhen über NAP oder NN zu ermitteln.

Ich glaube, daß es tatsächlich nur einen Beteiligten gibt, der diese auf den Normalhorizont bezogenen Höhen wirklich benötigt. Das ist das Pegelwesen. Alle anderen Beteiligten sind völlig zufrieden, wenn nur die Höhenangaben „gut“ sind, d. h. meistens gut hinsichtlich einer sehr nahen Umgebung. Wenn also unser neues System  $W_0$  den Bedürfnissen des Pegelwesens besser, ja völlig genügt, dann ist das für alle anderen Beteiligten um so mehr der Fall.

Die technische Auswirkung führt zu dem  $W_0$ -System. Jeder Nullpfahl legt für immer die Normalhöhe NAP fest. Diese Höhe ist Bezugshöhe für alle Marken in der zum Nullpfahl gehörenden Nullprovinz. Eine etwaige Bodensenkung wird in ganz ähnlicher Weise das Pegelnull, den Nullpfahl, alle örtlichen Marken und alle örtlichen gewässerkundlichen und Wasserbauwerke beeinflussen. Allmählich entstehende Differenzen zur „ursprünglichen“ Normalhöhe haben an sich keine Bedeutung. Von außerordentlicher Bedeutung für das ganze Volk wird jedoch die allmähliche Erhöhung der Wasserstände sein. Diese wird unmittelbar und einwandfrei am Ortspegel gemessen.

Durch tektonische Bewegungen der Erdkruste werden allmählich Höhendifferenzen zwischen benachbarten Nullprovinzen entstehen können. Also auch hier hat man es mit Differenzen von Differenzen zu tun.

Für die Niederlande hat man an eine Möglichkeit von Höhendifferenzen von 10 cm auf 300 km zu denken. Für Nullprovinzen mit 10 km Seitenlänge gibt das an der Grenze Differenzen von 3 mm. Wie ich vernommen habe, bevorzugen es die Geodäten, kleine Sprünge zu vermeiden, was natürlich ohne weiteres möglich ist. Zwischen den Nullpfählen bleiben jedoch die Differenzen bestehen, da ja die Nullhöhen einmal für immer gesichert sind.

Es ist klar, daß sich für die genannten sehr kleinen Differenzen nur wenig Beteiligte interessieren werden. Solche Differenzen können indessen ohne weiteres zur Verfügung gestellt werden.

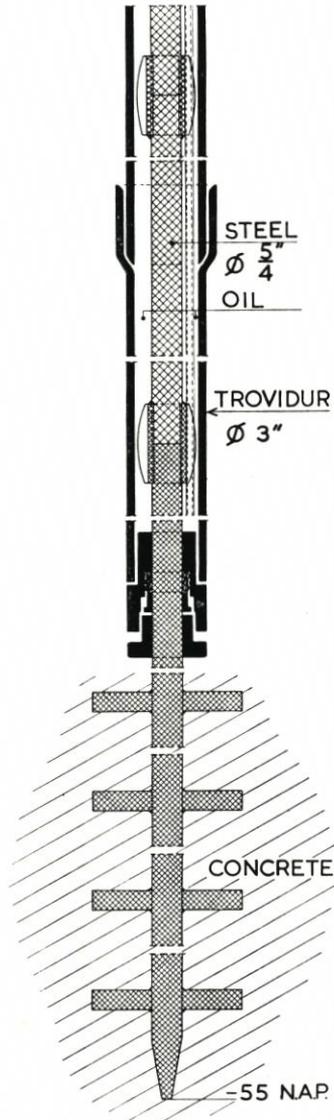
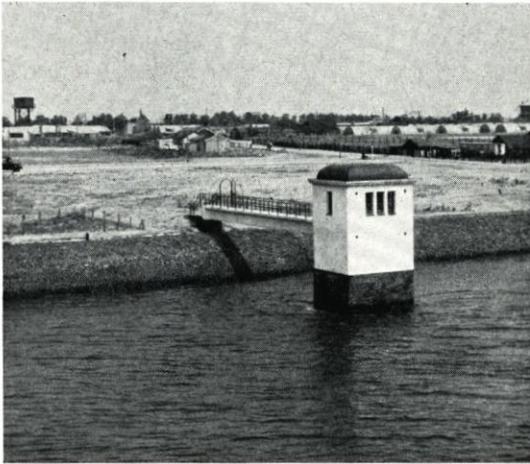


Abb. 5.  
Konstruktion des Nullpfahles in  
Rotterdam bis auf NAP  
— 55 m Tiefe

Es mag nützlich sein, hier noch ausdrücklich darauf hinzuweisen, daß sich Höhendifferenzen zwischen den Nullpfählen entwickeln können, daß aber nie gesagt werden kann, ob der eine oder andere Nullpfahl falsch steht. Das kennen und anerkennen wir schon sehr wohl.



AUFN. WEMELSFELDER, 1957

Abb. 6. Pegelschreiberhäuschen Hoek van Holland



AUFN. KAPSENBERG, 1957

Abb. 7. Nullpfahl des Pegels Hoek van Holland mit Schutzkappe

Niemand hat die Absicht, je das NN aufs neue auf Amsterdam abzustimmen. Das NAP hat jetzt die Niederlande zur Nullprovinz, und das NN hat Deutschland zur Nullprovinz. An den Grenzen werden deshalb Differenzen gefunden, die als solche ohne weiteres hingenommen werden. Niemand wird daraus den Schluß ziehen: NN ist falsch oder NAP ist falsch.

Es gibt heutzutage nicht so etwas wie einen supranationalen Nivellements-horizont, der dekretieren könnte: das NN muß im Jahre 1965: 2,6 cm hoch, das NAP muß im Jahre 1967: 3,7 cm hinunter. Das wäre einfach närrisch. Aus genau denselben Gründen kann es vertreten werden, jeder Nullprovinz ihren eigenen Ortshorizont zu geben.

Ebensowenig wie es offensichtlich ein Bedürfnis für einen supranationalen Horizont gibt, gibt es ein Bedürfnis für einen nationalen, d. h. supraprovinzialen Horizont. Für das Binnenland ist die Handhabung einmalig festgestellter Normalhöhen durch Nullpfähle für alle denkbaren Zwecke durchaus genügend. Für die Küste geht es grundsätzlich um örtlich festgelegtes Pegelnul und die kleinen Höhendifferenzen entlang der Küste. Auch für ozeanographische und Küstenforschungsfragen brauchen wir bestimmt keine irgendwo in der Luft schwebende Ebene oder Linie, die an einem Punkt irgendwo in der Welt stetig durch einen Stein gehend gedacht wird.

Wie hinlänglich bekannt, legen die Geodäten keinen großen Wert auf einen Horizont. Es ist für sie nur eine Hilfs-

größe, eine Art Parameter, und es ist ihnen ganz gleich, ob unsere Pegelnulpunkte auf einer Horizontalebene, auf einer Aequipotentialebene, auf einem Geoid, auf Meeresniveau oder ganz willkürlich liegen. Wir können deshalb auf den bis jetzt beibehaltenen Landeshorizont verzichten und mit dem Netz von Nullprovinzen weitergehen. Es ist ohne weiteres selbstverständlich, daß man für dieses Netz von Nullprovinzen die Bezeichnung NAP oder NN

beibehalten kann oder soll. Es gibt nichts anderes oder besseres, es bleibt der einzige Landeshorizont und ist die getreue Fortsetzung des NAP oder NN von heute. Man kann es ungefähr wie folgt umschreiben:

Landeshorizont ist das Mosaik von Ortshorizonten, die sich ursprünglich alle in einer Aequipotentialebene befanden, welche wenig vom Meeresniveau abweicht, und die seitdem den örtlichen Bewegungen der Erdkruste überlassen sind.

Höhendifferenzen zwischen den örtlichen Nullhöhen sind in diesem  $W_0$ -System normal und sollen gelegentlich vom Hauptnivellementsdiensnt neu bestimmt und zur Verfügung gestellt werden. Man kann leicht die Ergebnisse jedes neuen Nivellements in den Gewässerkundlichen Jahrbüchern veröffentlichen.

Dabei muß jede Möglichkeit, Pegelnullhöhen als „falsch“ zu bestimmen und korrigieren zu wollen, von vornherein ausgeschlossen werden. Alle Nullpfähle sind gleichwertig, und es darf nie aufs neue eine Hegemonie entstehen, ein Superhorizont, der dem oben definierten NAP überlegen sein würde.

Wir müssen dann folgende Schreibart anwenden:

$$\text{NAP}_{\text{Rotterdam}} - \text{NAP}_{\text{Vlaardingen}} = + 3,6 \text{ mm (1960)}$$

Aus der Beifügung 1960 geht hervor, daß diese 3,6 mm-Differenz das Ergebnis eines Feinivellements des Jahres 1960 ist.

Man sollte sich darauf beschränken, diese Differenzen nur für Nachbarpegel zu errechnen und zu veröffentlichen.

Es ist leicht einzusehen, daß sich dieses fünfte System gut dazu eignet, neue Komplexe von Küstenpegeln auf ähnliche Weise anzuschließen.

Von besonderer Bedeutung ist es, daß die Einführung des Systems  $W_0$  allmählich, ja sogar mit ganz willkürlichem Tempo, stattfinden kann. Es braucht nicht plötzlich oder vollständig eingeführt zu werden.

## VI. Einige konstruktive Einzelheiten der Nullpfähle

Die Pfähle müssen durch alle alluvialen Schichten hindurch bis ins Diluvium gehen. Einspülen ist bestimmt unzulässig, einrammen unnötig teuer. Es wurde deshalb das System „De Waal“ gewählt: Betonrohre werden eingebracht und der Boden analysiert, bis das Diluvium erreicht ist. Das Rohr wird mit Beton ausgefüllt, mit einer Verdickung am Pfahlfuß. Meistens wird das Diluvium zwischen NAP — 12 m und — 20 m erreicht (Abb. 2).

Ein Mantelrohr wird angebracht, nicht um eine Belastungserhöhung durch Reibung zu verhüten, sondern um einer Aufwärtsbewegung durch Grundwasseranstieg, Frost u. a. vorzubeugen.

Abbildung 3 zeigt das Hineindrücken von den 4 m langen Teilstücken. Abbildung 4 zeigt das Herstellen eines Haupthöhenpunktes, der nicht zugleich Pegelnull ist und nur geodätischen Zwecken dient.

In Rotterdam wurde das Diluvium erst auf NAP — 55 m angetroffen. Der Nullpfahl besteht hier aus einem stählernen Kern von  $5/4$ " Durchmesser, am Fuß mittels angelaschter Flanschen von einem Betonpfropfen eingefaßt. Der stählerne Kern ist von einem Trovidurrohr mit 3" Durchmesser geschützt (Abb. 5).

Zwischen Trovidurrohr und stählernen Kern ist Erdöl gegossen, um eine Ansammlung von Sand oder Grundwasser zu verhüten.

Die Abbildungen 6 und 7 zeigen den Pegel Hoek van Holland und den außerhalb des Häuschens angebrachten Nullpfahl, der bis NAP — 24 m reicht, Gesamtlänge 30 m.

## VII. Die günstigste Stelle für den Nullpfahl

Wie bekannt, kann die Höhenlage des Ufergeländes einer kleinen periodischen Tidewirkung unterworfen sein. Die alluvialen Schichten haben, weil der Nullpfahl jedenfalls bis ins feste Diluvium geht, in dieser Hinsicht keine Bedeutung.

In den höheren diluvialen Schichten ist es die Grundwasserspannung, die im Tiderhythmus kleine Höhenänderungen hervorrufen kann. Durch Tieffundierung der Nullpfähle wird auch dieser Einfluß beseitigt.

Weiter übt auf die ganze Erdkruste die wechselnde Masse des Meeres eine wechselnde Belastung aus. In Liverpool am Tidal Institute im Bidston Observatory ist infolge eine 11 m großen Springtidehubs eine periodische Höhenänderung des örtlichen Felsbodens bis zu 10 mm beobachtet worden. An den meisten Küsten ist der Tidehub viel kleiner und der erwähnte Einfluß wird dort zu vernachlässigen sein. Der Nullpfahl, in ausreichender Tiefe im Diluvium fundiert, ist also auch in dieser Hinsicht als „fest“ zu deuten.

Es empfiehlt sich natürlich immer, etwaige Bewegungen der ganzen Erdkruste im Gezeitenrhythmus festzustellen. Wenn diese für geodätische Zwecke von Bedeutung sind, dann kann man sie leicht berücksichtigen. Meiner Meinung nach sind von der Seite der Geodäten keine Bedenken gegen die Anwendung der Nullpfähle als Haupthöhenmarken des Nivellementsnetzes zu erwarten.

Aus rein wasserbautechnischen Überlegungen könnte man eine kleine Entfernung der Nullpfähle von den Pegeln bevorzugen.

Aber man hat der Verlockung zu widerstehen, dem Festpunkt einen entfernteren Platz zu geben. Man kommt dann leicht dazu, den Festpunkt noch ein bißchen weiter weg zu projektieren mit der Absicht, zwei oder mehr Pegel an diesen Festpunkt anzuschließen.

Diesen Weg darf man nicht gehen. Denn an seinem Ende liegt ja gerade das System III ( $N_0$ ), das wir nicht weiter beibehalten wollen. Dagegen empfiehlt es sich aus mehreren technischen Überlegungen, den Nullpfahl so dicht wie möglich beim Pegel anzubringen, d. h. mit zunehmendem Vorrang:

1. höchstens bis auf eine Zielweite;
2. eine Verbindung mittels (permanenter) Schlauchwaage (Abb. 7);
3. Nullpfahlkopf im Pegelhäuschen;
4. Schreibpegel selbst auf dem Nullpfahl aufgestellt.

Die Bedeutung dieser so festen Kupplung wird an Hand des Abschnittes VIII einleuchten. Gibt es am Pegelort nur Lattenpegel, dann ist die Reihenfolge:

1. Nullpfahl bis auf eine Zielweite;
2. die täglich benutzten Lattenpegelteile unmittelbar auf den Nullpfahl anbringen, und zwar so, daß Erneuerungen möglich sind, ohne daß man je die Nullpunkthöhe des Pegels zu bezweifeln braucht.

## VIII. Unveränderlichkeit der Meßanlage

Es ist, wie ich glaube, wohl allgemein üblich, die Feder eines Schreibpegels auf die Wasserhöhe zu setzen, die am zugehörigen Lattenpegel abgelesen wird. Eingeweihte werden sich darüber einig sein, daß viel gewonnen wäre, wenn man den Lattenpegel beseitigen könnte. Man muß heutzutage einen großen Umweg machen vom Festpunkt bis zum Pegelbogen:

- a) die zugehörigen Marken im System  $N_0$  sind für jedes Hauptnivellement neu anzuschließen;
- b) fortwährend ist nur darauf zu achten, ob die Höhen noch untereinander stimmen; dann und wann sind Kontroll-Nivellierungen durchzuführen;
- c) alle zwei Jahre sind die Lattenpegel zu prüfen, dann und wann Sonderprüfungen;
- d) jedes Halbjahr sind die Lattenpegelablesungen und die Pegelbögen peinlich genau abzustimmen. Man hat dabei Wellenschlag, Verschmutzung des Lattenpegels, Verschlammung des Zuflußrohres, kleine Zufallselemente beim Stand der Feder und der Höhe des Pegelbogens, Feuchtigkeit, immer wechselnde Dichteunterschiede zwischen Außenwasser und Wasser im Pegelschacht, Ungewißheit über die Länge des Schwimmerdrahtes oder der Kette zu bedenken.

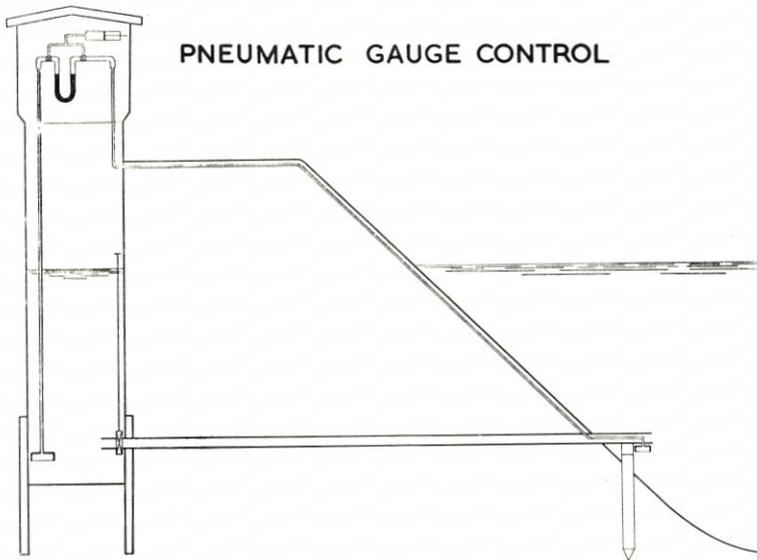


Abb. 8. Arbeitsprinzip der automatischen Pegelschachtkontrolle

Das sind mehr als zehn Faktoren, die einen störenden Einfluß ausüben können. Ausschalten des Lattenpegels ist also sehr erstrebenswert. Das hier entwickelte fünfte System (ebenso wie das vierte,  $D_0$ ) bietet die gewünschte Möglichkeit. Einige Konstruktionselemente möchte ich hier nennen.

Das Aufhängen des Schwimmers an einem gelochten Stahlband. Für jede Umdrehung des Schwimerrades fehlt ein Loch, weshalb das Band nur auf eine Weise auf dem Rad liegen kann. Bandlänge und Befestigung sind normiert.

Der Schwimmer hat ein Zeichen für seine Tauchtiefe. Wird der Schwimmer hochgezogen, bis das Zeichen mit einer festen Höhe am Nullpfahl zusammenfällt (falls dieser im Pegelhäuschen steht), dann schreibt die Feder auf dem Blatt gerade diese feste Höhe. Diese wichtige halbautomatische Kontrolle kann je nach Wunsch ausgeübt werden und läßt das Büropersonal zum Zeugen werden.

Wenn wir nun weiter noch wissen, daß der Wasserstand im Schwimmerschacht genau derselbe ist, wie der im Außenwasser, dann können wir schon den Lattenpegel entbehren. Zu diesem Zweck ist der Pegelschacht-Kontrollapparat konstruiert. Er arbeitet nach dem in Abbildung 8 dargestellten Prinzip. Sowohl im Pegelschacht als auch im Außenwasser sind auf ungefähr gleicher Höhe Luftkolben angebracht worden. Diese sind mittels Luftleitungen mit einem U-Rohr verbunden (Abb. 9).

Mit Hilfe der Handluftpumpe wird das Wasser aus den Leitungen gepreßt. Befinden sich die beiden Kolben auf ungefähr derselben Höhe, dann zeigt das U-Rohr die Differenz. Arbeitet das Zuflußrohr ganz richtig, so zeigt das U-Rohr die an sich beliebige Differenz der Kolbenhöhen von z. B. 4 cm, unabhängig von der Höhe des Wasserspiegels. Ist aber der Zufluß verschlamm, so ändert sich diese Höhendifferenz. Das gibt die gewünschte Kontrolle, und zwar ohne Hilfe eines Lattenpegels.

Die beiden Luftkolben dürfen nicht auf genau derselben Höhe stehen, denn dann gäbe es überhaupt keine Kontrolle, wenn der Luftdruck weggefallen wäre.

Mit diesen drei Maßnahmen:

- gelohtes Schwimmerband mit Normallänge,
- Pegelschacht-Kontrollapparatur,
- Vergleichszeichen für angehobene Schwimmer am Nullpfahl,

ist erreicht worden, daß man grundsätzlich den Lattenpegel entbehren kann. Der örtliche Festpunkt übt seine Höhenkontrolle unmittelbar auf den Schreibpegel aus.

Wenn auch nicht unbedingt notwendig, so hat es doch gewisse große Vorteile, daß der Nullpfahl, in dem die feste Höhe vorhanden ist, so nahe angebracht wird, daß man diese feste Höhe auch ständig im Meßpunkt selbst zur Verfügung hat. Es ist klar, daß damit der Nullpfahl ein sehr wesentlicher Bestandteil einer Pegelmeßstelle geworden ist. Der Nullpfahl ist nicht etwas, das hinzukommt, das „auch“ noch berücksichtigt werden muß, sondern er müßte zuerst gesetzt werden, um von der ganzen Meßstelle etwas Gutes erwarten zu können.

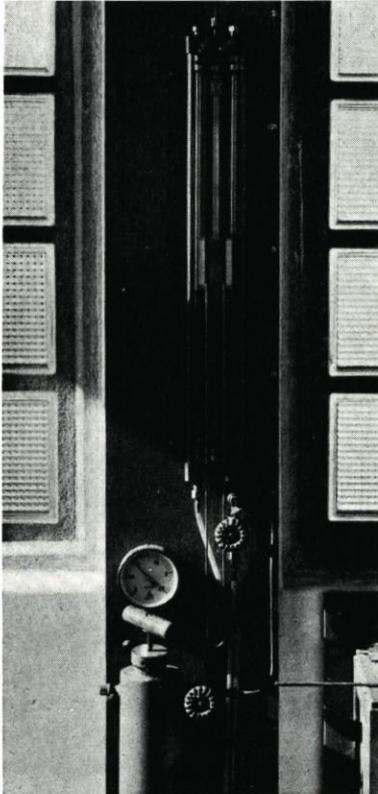


Abb. 9. Pneumatische  
Pegelschachtkontrollapparatur  
(LOBITH)

## IX. Schluß und Zusammenfassung

Aus unserer Darlegung geht hervor, daß ein System No, bei dem Pegelnull immer auf Landeshorizont nachgestellt wird (seit 150 Jahren in den Niederlanden), große Nachteile hat.

Zum Wesen der Wasserstandsmeßtechnik gehört es, daß Pegelnull, nachdem es auf einen einheitlichen Horizont (nach LOHRBERG hauptsächlich eine „optische“ Angelegenheit) gebracht worden ist, unverändert bleibt. Ich bin deswegen grundsätzlich einverstanden mit LOHRBERG (1959), HAHN (1958), LANGE (1958) und GRONWALD (1959).

Eine Differenz zwischen Ortshorizont und Landeshorizont ist jedenfalls für niederländische Verhältnisse bestimmt abzulehnen. In dieser Hinsicht muß ich PETERSEN (1958) beipflichten.

Die Kontroverse „Einheitlicher Pegelhorizont“ versus „Ortshorizont“ ist grundsätzlich zu lösen, indem man den Pegeln ihre festen Nullpfähle mit örtlichem unveränderlichen Null gibt und den Nationalhorizont gerade durch diese materiellen Punkte legt.

Die Pegelnullpunkte werden damit Haupthöhenpunkte des Landesnivellementsnetzes. Dieses Netz strebt nicht an, eine Horizontalebene oder eine Aequipotentialebene zu sein, denn sie

ist materiell durch die Festpunkte festgelegt. Die Ebene macht also die Bewegungen der Erdkruste mit, wenn das Diluvium in Mitleidenschaft gezogen wird.

Für alle praktischen Zwecke gibt ein solcher Horizont eine vollauf gute und einfache Lösung. Für Sonderforschungen kann ein Feinnivellement die genauen Differenzen zwischen den Nullpunkthöhen geben, so oft man dieses braucht.

Man kann also eine „Horizontalebene“ zu jedem gewünschten Zeitpunkt rechnerisch realisieren und für wissenschaftliche Arbeiten verwenden. Diese Horizontalebene ist nicht identisch mit dem offiziellen Landeshorizont, der, wie gesagt, die tektonischen Bewegungen mitmacht.

## X. Schriftenverzeichnis

- GRONWALD, W.: Zur Frage der Erhaltung der Höhenlage von Pegeln im Küstengebiet. Dtsch. Gewässerkundl. Mitt. **3**, 3, S. 56—57, Koblenz 1959.
- HAHN, A.: Zur Frage der Erhaltung der Höhenlage von Pegeln im Küstengebiet. Dtsch. Gewässerkundl. Mitt. **2**, 4, S. 88—90, Koblenz 1958.
- LANGE, O.: Zur Frage der Erhaltung der Höhenlage von Pegeln im Küstengebiet. Dtsch. Gewässerkundl. Mitt. **2**, 4, S. 90—92, Koblenz 1958.
- LOHRBERG, W.: Sollhöhenunterschiede bei Pegeln im Küstengebiet. Dtsch. Gewässerkundl. Mitt. **2**, 2, S. 39—45, Koblenz 1958.
- PETERSEN, M.: Kann ein einheitlicher Pegel-Bezugshorizont im deutschen Küstengebiet gehalten werden? Dtsch. Gewässerkundl. Mitt. **2**, 2, S. 35—38, Koblenz 1958.
- SAARLOOS, J. M.: De geringe nauwkeurigheid van het bodemdalinggetal ten opzichte van zeeniveau, afgeleid uit de aflezingen op de Nederlandse kustpeilschalen, en de methode om daarin verbetering te brengen. Tijdschr. Kon. Nederl. Aardr. Gen. **68**, 2, S. 101—122, Amsterdam 1951.
- VAN VEEN, J.: Necessity of subsidence-gauges. Netherlands Geodetic Commission. Report presented at the eleventh general assembly of the International Association of Geodesy at Toronto 1957.
- VELSEN, C.: Rivierkundige Verhandeling. Amsterdam 1749.