

ZEITSCHRIFT FÜR BAUWESEN

HERAUSGEGEBEN IM PREUSSISCHEN FINANZMINISTERIUM

SCHRIFTFLEITER: INGENIEURBAU RICHARD BERGIUS · HOCHBAU Dr.-Ing. GUSTAV LAMPMANN

80. JAHRGANG

BERLIN, OKTOBER 1930

HEFT 10

Alle Rechte vorbehalten.

BEITRÄGE ZUR WOHNUNGSFRAGE ALS PRAKTISCHE WISSENSCHAFT.

Von Baurat a. D. Alexander Klein, Berlin.

Vorbemerkung der Schriftleitung.

Die hier veröffentlichte Arbeit ist eine Ergänzung der im Zentralblatt der Bauverwaltung*) bereits veröffentlichten Methode, die Alexander Klein als erster für das Gebiet wissenschaftlich fundierter Grundrißgestaltung angegeben hat. Trotz des unverkennbaren Vorteils und der grundlegenden Bedeutung einer solchen geometrisch-rechnerischen Systematik der Grundrißvergleichung scheint es schwer, die Fachwelt und insbesondere die Architektenschaft davon zu überzeugen und zu sinngemäßer Anwendung anzuregen. Solange man sich nicht entschließt, derartig selbstverständliche Dinge anzuerkennen, daß Grundrißfläche, Bautiefe und Baubreite in unlösbarer Abhängigkeit stehen und daß demgemäß für jede Grundrißbildung Voraussetzung ist, den Bestfall dieser Bedingungen systematisch festzulegen, so lange ist es unmöglich, von „Forschung“ auf diesem Gebiet zu sprechen.

Wie weit die Wirkung einer solchen Arbeitsweise geht, zeigt die merunter in I eu A veröffentlichte Untersuchung, in der Klein den Nachweis führt, daß es unmöglich ist, das Programm einer „Forschungsaufgabe“ aufzustellen, ohne daß systematische Vorstudien über diese Zusammenhänge vorausgehen.

Dr. G. L.

*) Zentralblatt der Bauverwaltung 1928, Nr. 34 u. 35.

A. EINFLUSS DER BAUTIEFE AUF DIE GRUNDRISSGESTALTUNG.

Auf Grund des Grundrißforschungsprogramms der Reichsforschungsgesellschaft für Wirtschaftlichkeit im Bau- und Wohnungswesen wurden im Jahre 1929 neun Architekten aufgefordert, sich an der Schaffung von Wohnungsgrundrissen zu beteiligen. Es sollten Wohnungsgrundrisse von 45, 54 und 70 qm Nutzfläche und jede dieser Grundrißgrößen in Tiefen von 8, 9 und 10 m entworfen werden, wobei hinsichtlich der genannten Flächen und Tiefen Abweichungen von $\pm 5\%$ zulässig sein sollten. Die Lage der Treppe an der Ostseite war vorgeschrieben, in der Wahl der Konstruktionen war man frei. Bei dieser Aufgabestellung ergaben sich neun verschiedene Aufgaben, von denen je eine einem der neun Architekten zufallen sollte.

Diese rein schematische Verteilung der Aufgaben ließ dem einzelnen Architekten keinen Spielraum zur freien Entwicklung einer selbständigen Idee und einer vollwertigen Leistung im Rahmen seines Könnens. Abgesehen davon können die Lösungen von neun verschiedenen Aufgaben nicht untereinander vergleichend ausgewertet werden, da sie sich logischerweise nicht auf einen Nenner bringen lassen. Es lassen sich also auch keinerlei Schlüsse ziehen und die beabsichtigte Forschungsarbeit ist daher auf diesem Wege nicht durchführbar.

Der Verfasser hat deswegen versucht, eine eigene Methode der Grundrißforschung auszuarbeiten, die aus den nachstehenden Darstellungen ersichtlich ist. Es wurden zwei Grundrißtypen (Typ 1 mit Treppe nach Osten, Typ 2 mit Treppe nach Westen) für verschiedene Nutzflächen und Bautiefen entwickelt und auf den auf S. 240 und 241 wiedergegebenen Tafeln zusammengestellt. Die Nutzflächen steigen von Reihe A (A_1) bis Reihe K (K_1) um je 5,10 m², und zwar von 45,60 m² auf 73,50 m². Die Bautiefen steigen von Reihe 1 bis Reihe 7 um je 0,50 m, und zwar von 7,50 m bis 10,50 m.

Aus beiden Tafeln ist der Einfluß der Bautiefe bei feststehender Nutzfläche auf die Grundrißgestaltung vom wohntechnischen und wirtschaftlichen Standpunkt aus ersichtlich.

Außerdem zeigt sich, daß bei Festlegung von Nutzfläche und Bautiefe sich eine Frontlänge ergibt, die in der Regel nicht der gesuchten minimal-optimalen Lösung entspricht; z. B. könnte auf S. 240 Lösung A 1 die Frontlänge

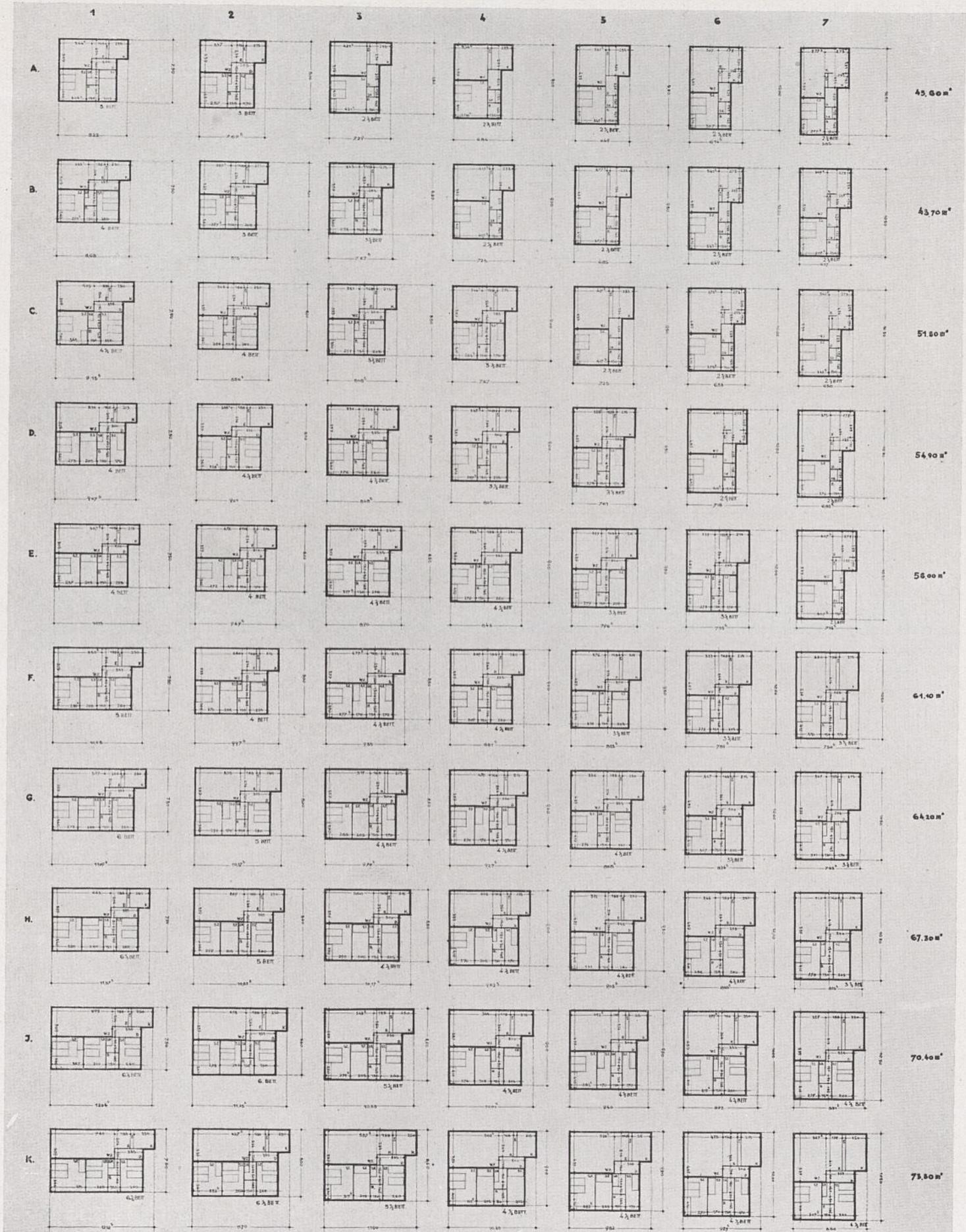
um etwa 50 cm gekürzt werden. Analysiert man die Lösung A₁ auf S. 241, so sieht man, daß die sich ergebende Frontlänge nur zufällig der minimal-optimalen Lösung entspricht. Das ist ein Beweis dafür, daß bei jedem Typ die minimal-optimale Grundrißlösung ihre bestimmte Nutzfläche und entsprechende Bautiefe und Frontlänge hat.

Weitere Ergebnisse der vergleichenden Untersuchung der beiden Wohntypen finden wir auf den folgenden Seiten: auf S. 242 eine Gegenüberstellung der Bettenzahl, auf S. 245 eine graphische Darstellung des Zuwachses an Schlafzimmern und Betten bei Typ 1 gegenüber Typ 2, auf S. 244 und 245 graphische und tabellarische Darstellungen der Betteffekte, Frontlängen usw. Die Abbildungen auf S. 246 und 247 zeigen den Einfluß der gewählten Konstruktion auf die Grundrißgestaltung vom wirtschaftlichen und wohntechnischen Standpunkt aus bei gegebenen festen Nutzflächen und Bautiefen.

Allgemein zeigt sich eine Ueberlegenheit des Typs 2 (mit Treppe nach Westen) gegenüber Typ 1 (mit Treppe nach Osten). Wichtig erscheint auch die aus den Untersuchungen auf S. 245 sich ergebende allgemeine Feststellung, daß es sich bei kleinen Nutzflächen unbedingt empfiehlt, mit kleinen Bautiefen zu arbeiten, um volkswirtschaftlich günstige Ergebnisse zu erzielen. Hierbei sind selbstverständlich auch noch die Fragen der Erschließung, der Beheizung und der Baukosten zu berücksichtigen.

Die Ergebnisse der Arbeit nach dieser Methode haben bewiesen, daß eine Forschung auf dem Gebiete der Grundrißbildung nach folgenden Leitsätzen zu empfehlen ist:

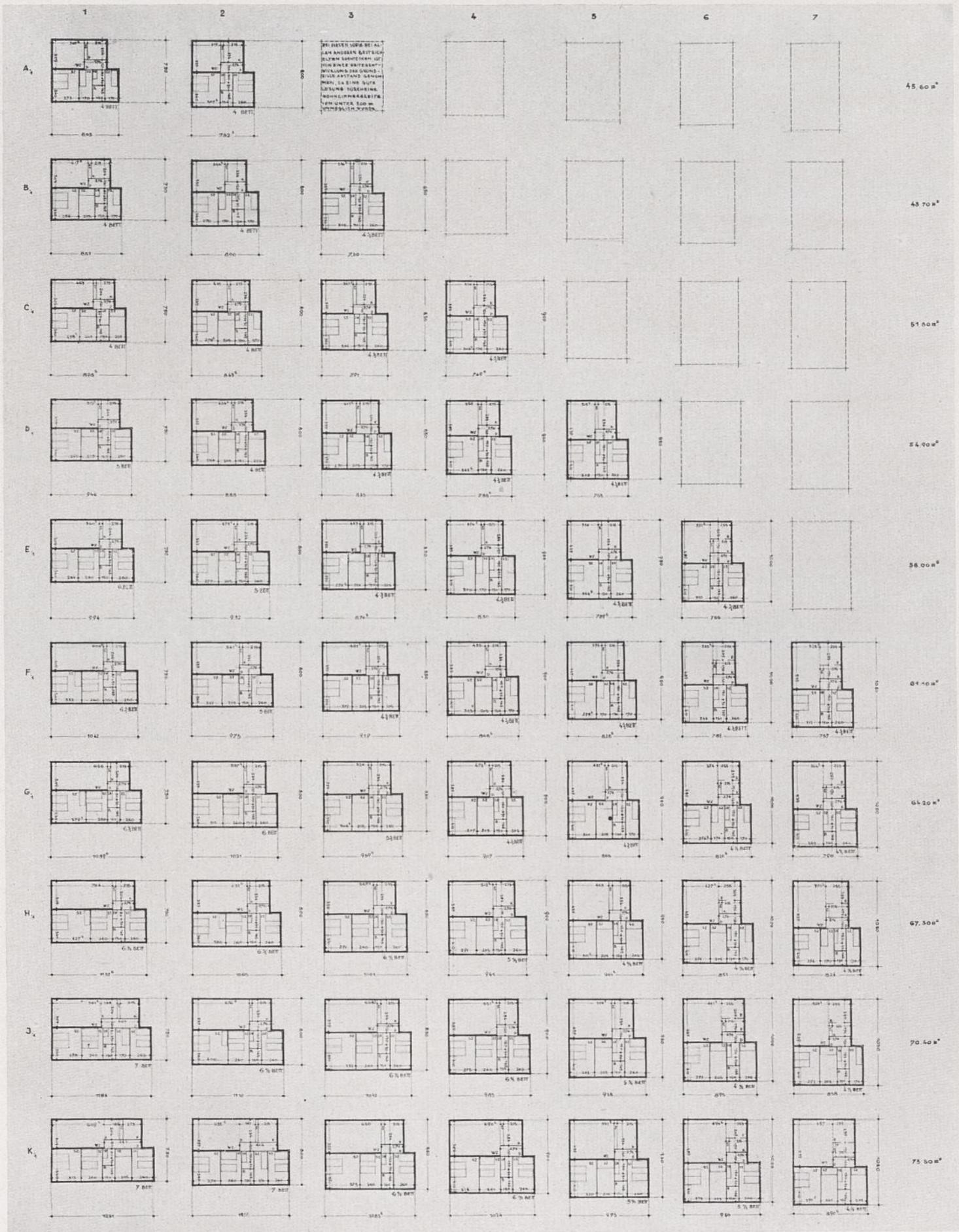
1. Die Wandstärken müssen einheitlich angenommen werden.
2. Die Wahl der Anordnung des Treppenhauses (nach Osten oder Westen) muß freigestellt werden.
3. Die Familienverhältnisse und die gewünschte Kapazität der Wohnung, d. h. die Anzahl der Schlafstellen, müssen genau angegeben werden, und zwar ohne Festlegung der Nutzfläche und der Bautiefen.
4. Von jedem der beteiligten Architekten muß die Durcharbeitung des vollen Programms, d. h. für verschiedene Bettenzahl und Familienverhältnisse und alle Bautiefen, verlangt werden.



Untersuchung eines Grundräftyps (Typ 1), bei wachsender Bautiefe und Nutzfläche.

TREPPE NACH OSTEN.

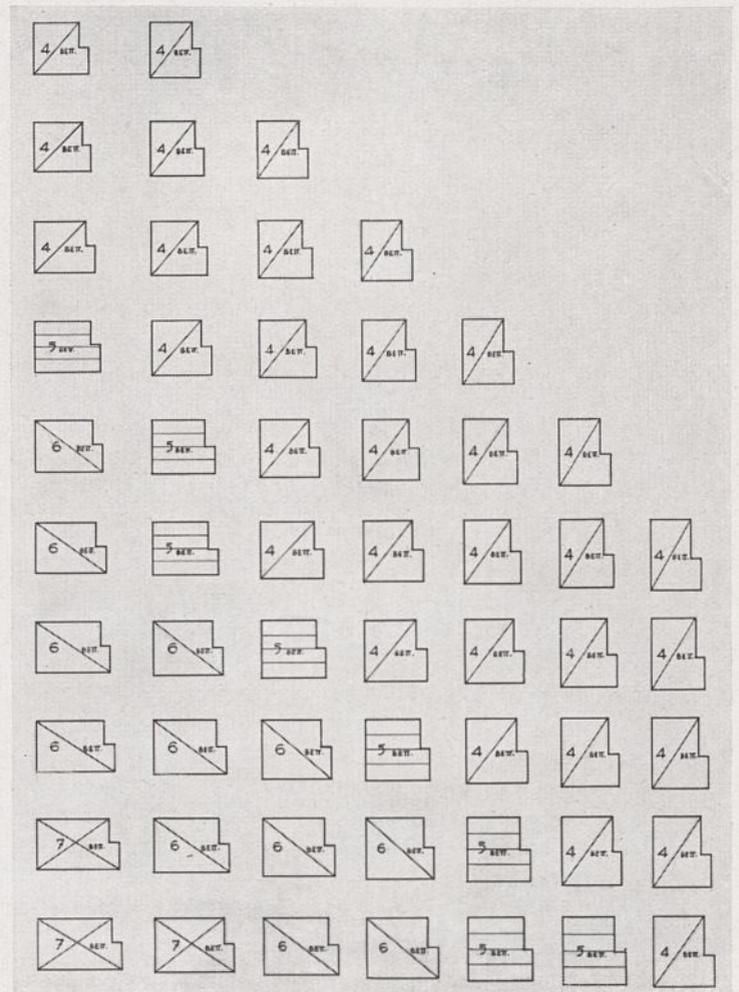
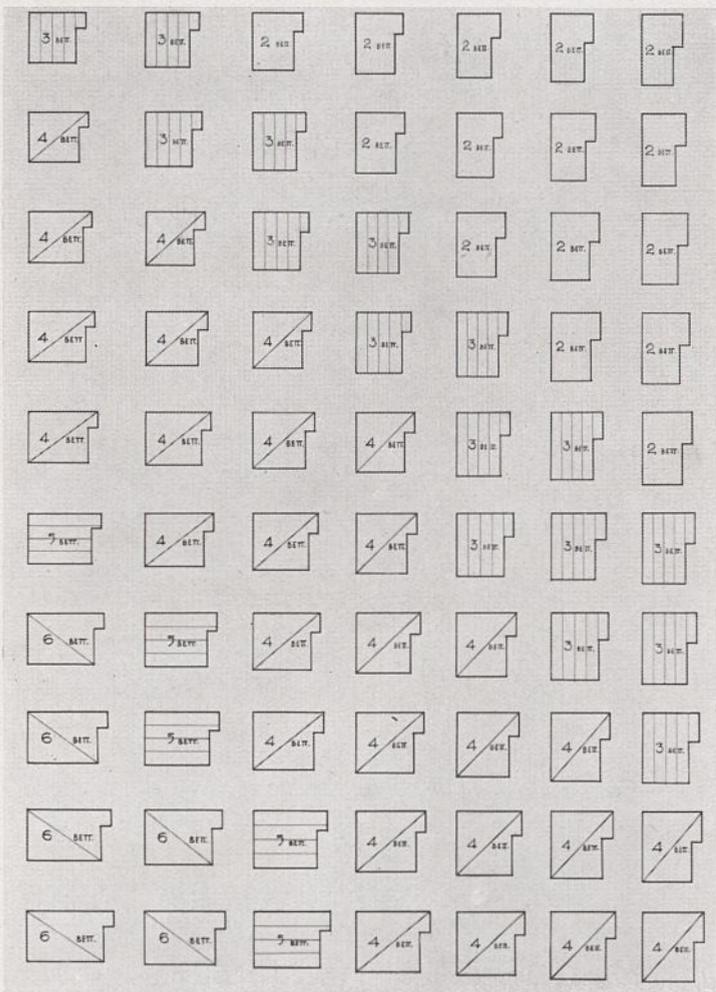
Die Nutzflächen steigern sich von Reihe zu Reihe (A—K) um je 3,10 m² von 45,60 m² auf 73,50 m²; die Bautiefen steigern sich um je 0,50 m von 7,50 m auf 10,50 m. Zahlenmäßige Ergebnisse auf Seite 244. Beispiele für den Einfluß der Bautiefe auf die Grundrißgestaltung: A 2 Verschlechterung der Kammer, A 5 Fortfall der Kammer; D 2 Fortfall der zweiten Kammer, D 4 nur einbettige Kammer, D 5 Verschlechterung, D 6 Fortfall der Kammer.



Untersuchung eines Grundräftyps (Typ 2), bei wachsender Bautiefe und Nutzfläche.

TREPPE NACH WESTEN.

Nutzflächen- und Bautiefensteigerung wie auf Seite 240. Zahlenmäßige Ergebnisse auf Seite 245.
 Die nichtausgefüllten Grundrisse bedeuten, daß brauchbare Lösungen nicht zu erzielen sind, weil die
 Wohnzimmerbreite weniger als 3 m betragen würde.
 Beispiele für den Einfluß der Bautiefe auf die Grundrißgestaltung: A₁ 2 Fortfall der zweiten Kammer; B₁ 2
 Verschlechterung der zweiten Kammer, B₁ 3 Fortfall der zweiten Kammer.



Graphische Darstellungen der Entwicklung der Bettenzahl bei den auf S. 240 und 241 untersuchten Grundrissen.

Typ 1 (Treppe nach Osten).

Typ 2 (Treppe nach Westen).

Nutzflächen von oben nach unten steigend von 45,60 m² auf 25,50 m², Bautiefen von links nach rechts steigend von 7,50 m auf 10,50 m².

Der minimal-optimale Grundriß ergibt 3 Betten (siehe links oben).

Die maximale Belegung ist 6½ Betten (siehe links unten).

Die wirtschaftliche Durchschnittszahl der Betten verläuft in der Diagonalrichtung von links oben nach rechts unten und liegt zwischen 3½ und 4½ (gegenüber 4½ und 5½ Betten bei Typ 2).

Nutzflächen und Bautiefen von oben nach unten bzw. von links nach rechts steigend wie bei Typ 1.

Der minimal-optimale Grundriß hat 4 Betten gegenüber 5 Betten bei Typ 1 (siehe links oben).

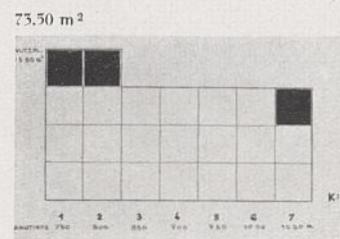
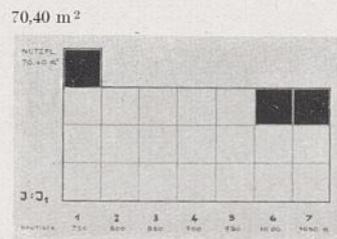
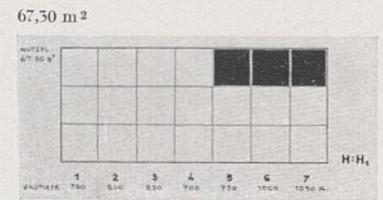
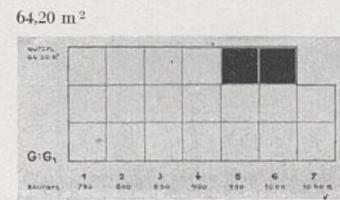
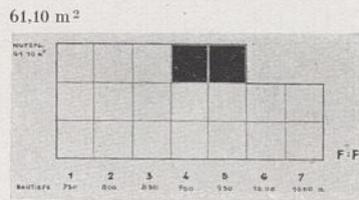
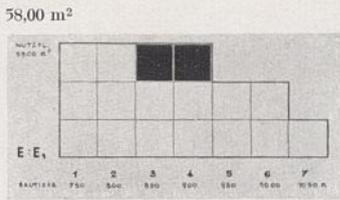
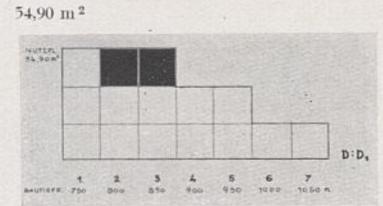
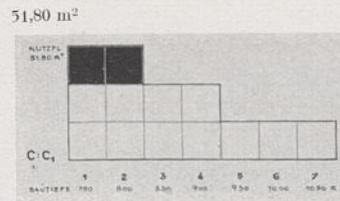
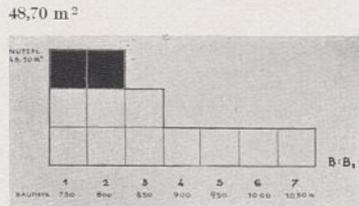
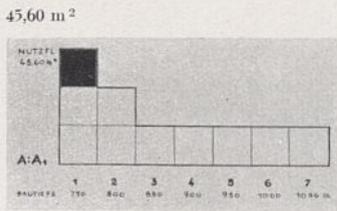
Die maximale Belegung ist 7 Betten gegenüber 6½ Betten bei Typ 1 (siehe links unten).

Die wirtschaftliche Durchschnittszahl der Betten verläuft in der Diagonalrichtung von links oben nach rechts unten und liegt zwischen 4½ und 5½ (gegenüber 3½ und 4½ Betten bei Typ 1).

Vgl. hierzu die Ausführungen in dem Vortrag „Grundrißbildung und Raumgestaltung von Kleinwohnungen und neue Auswertungsmethoden“ von Alexander Klein, veröffentlicht in der Druckschrift der Reichsforschungsgesellschaft für Wirtschaftlichkeit im Bau- und Wohnungswesen zur Technischen Tagung in Berlin vom 15.—17. April 1929.

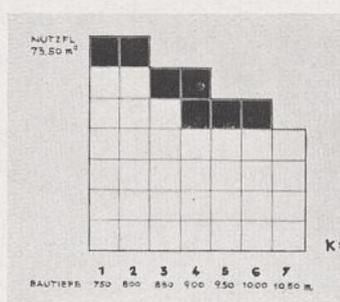
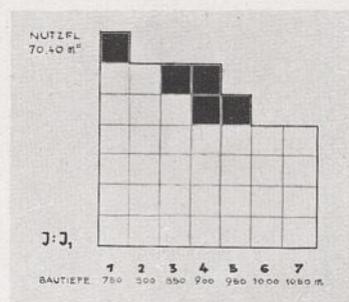
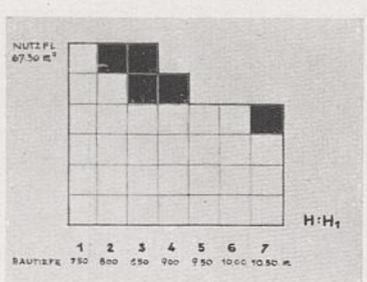
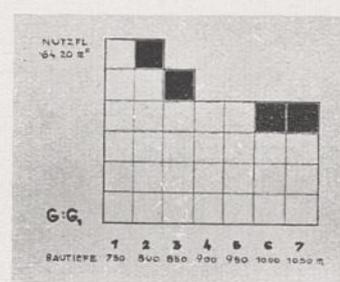
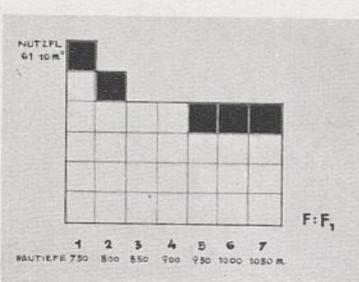
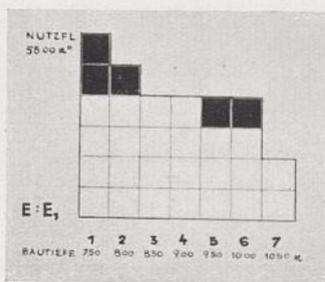
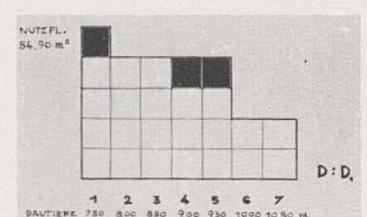
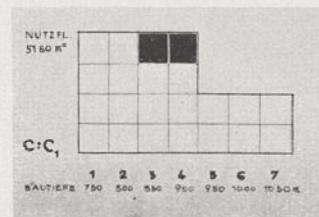
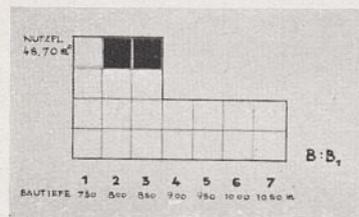
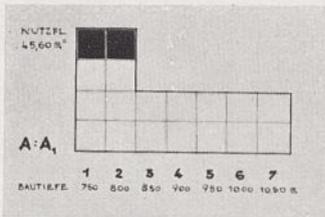
„Die Betrachtung des Schemas zeigt, daß die geeignetsten Grundrisse sich annähernd in einer in Diagonalrichtung verlaufenden Reihe befinden, wobei oberhalb dieser Reihe unwirtschaftliche, unhygienische und ungünstige Verhältnisse aufweisende Grundrisse liegen und unterhalb derselben diejenigen, welche — obgleich hygienisch — doch unwirtschaftlich sind, und zwar wegen übertriebener Frontlänge. Außerdem zeigt das Schema, daß die Blocktiefe nicht konstant sein darf und für jeden Typ von der Größe der Wohnung abhängig ist. Ferner zeigt dieses Schema, daß mit dem Steigen der Bettenzahl der sogenannte „Betteffekt“*) d. h. die auf ein Bett entfallende bebaute Fläche, sinkt. Schließlich zeigt es, daß für jeden Typ eine gewisse Grenze der Bautiefe gegeben ist, außerhalb derer die Wirtschaftlichkeit geringer wird. Die in der Diagonalreihe befindlichen Grundrisse sind wohntechnisch und gleichzeitig wirtschaftlich die besten und gliedern sich in Gruppen entsprechend der Bettenzahl; dabei enthält jede dieser Gruppen Wohntypen für Menschen mit verschiedenem Einkommen. Somit besteht die Bedeutung dieses Verfahrens darin, daß es die Möglichkeit gibt, für jede Familie ihrer Wirtschaftslage entsprechend entweder den „Wohnungsminimumtypus“ oder einen der nächststehenden Typen zu wählen. Diese Untersuchung zeigt eine weitere Bedeutung dieses Verfahrens, die in der Möglichkeit besteht, den wirtschaftlichsten Typ für die gegebenen Familienverhältnisse zu finden.“

*) Betteffekt = bebaute Fläche für ein Bett.



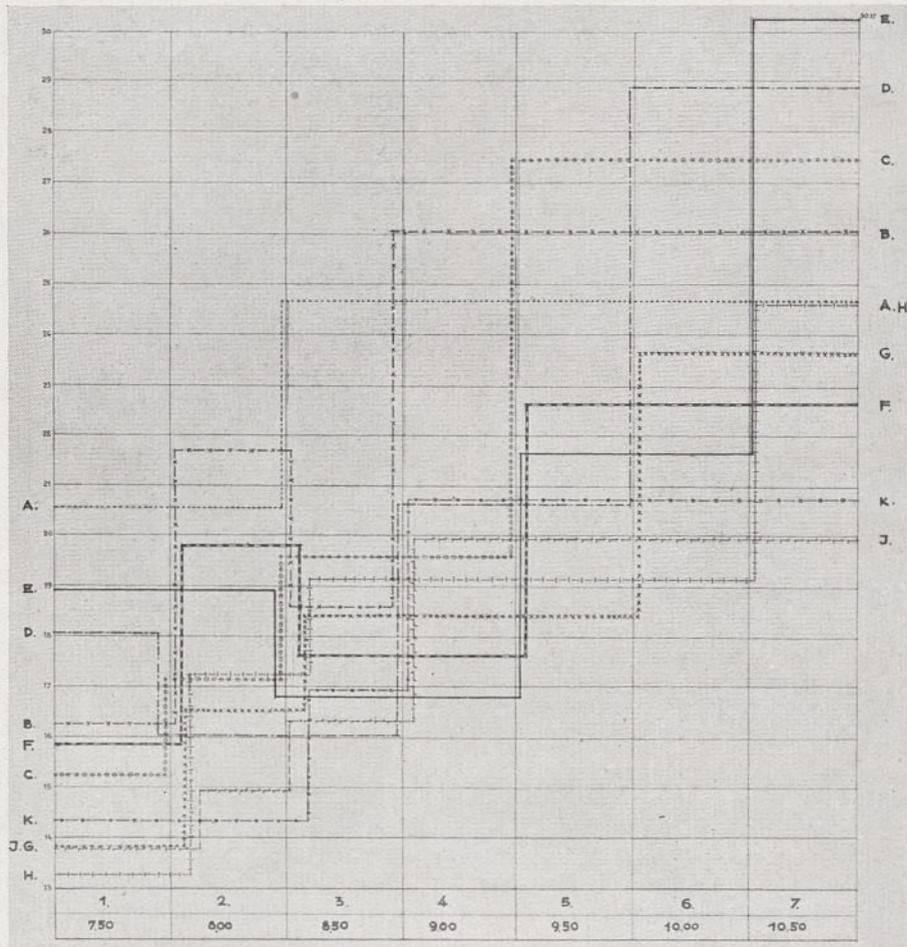
Graphische Darstellung des Einflusses der Bautiefe auf die Schlafzimmerzahl.

Nutzfläche von 45,60 m² bis 73,50 m², Bautiefen von 7,50 m bis 10,50 m. Die Anzahl der Quadrate in vertikaler Richtung bezeichnet die Zahl der Schlafzimmer, die schwarz angelegten Quadrate bezeichnen den Zuwachs der Schlafzimmerzahl bei Typ 2 (Treppe nach Westen) gegenüber Typ 1 (Treppe nach Osten). Es zeigt sich, daß eine Verlegung der Treppe (in diesem Falle nach Osten) bei bestimmten Typen unwirtschaftliche Folgen haben kann. Die Darstellung zeigt außerdem, daß der Einfluß der Bautiefe auf die Schlafzimmerzahl bei kleinerer Nutzfläche sich stärker auswirkt als bei größerer Nutzfläche; so vermindert sich z. B. bei einer Wohnung von 45,60 m² bei einer Steigerung der Bautiefe von 7,50 m auf 10,50 m die Schlafzimmerzahl von 5 auf 1 und bei einer Wohnung von 73,60 m² bei entsprechender Steigerung der Bautiefe nur von 4 auf 3.



Graphische Darstellung des Einflusses der Bautiefe auf die Bettenzahl.

Nutzflächen und Bautiefen wie oben. Die Anzahl der Quadrate in vertikaler Richtung bezeichnet die Zahl der Betten, die schwarz angelegten Quadrate bezeichnen den Zuwachs der Bettenzahl bei Typ 2 (Treppe nach Westen) gegenüber Typ 1 (Treppe nach Osten). Wie oben zeigt sich, daß eine vorherige Festlegung der Treppe unwirtschaftliche Folgen haben kann und daß der Einfluß der Bautiefe bei kleinerer Nutzfläche sich stärker auswirkt als bei größerer.



Graphische Darstellung des Verlaufs der Betteffekte.*)
Typ 1 (Treppe nach Osten).

BAU-TIEFE.	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	10,50	
TYP	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	NUTZFLÄCHE
A.	3	3	2½	2½	2½	2½	2½	45,60
B.	4	3	3½	2½	2½	2½	2½	48,70
C.	4½	4	3½	3½	2½	2½	2½	51,80
D.	4	4½	4½	3½	3½	2½	2½	54,90
E.	4	4	4½	4½	3½	3½	2½	58,00
F.	5	4	4½	4½	3½	3½	3½	61,10
G.	6	5	4½	4½	4½	3½	3½	64,20
H.	6½	5	4½	4½	4½	4½	3½	67,30
J.	6½	6	5½	4½	4½	4½	4½	70,40
K.	6½	6½	5½	4½	4½	4½	4½	73,50

BETTENZAHL.

7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	10,50	
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	DURCHSCHN. BEB. FL.
822	769 ^a	729	686	649	614 ^b	585	67,64
868	815	767 ^b	725	685	649	617	65,08
915 ^b	856 ^b	808 ^b	767	725	685	650	68,62
967 ^b	901	848 ^b	805	761	718	682 ^c	72,14
1015	949 ^b	890	844	796 ^c	755 ^c	714 ^c	75,69
1065	997 ^b	935	881 ^b	835 ^b	789 ^c	750 ^c	79,27
1109 ^b	1037 ^b	976 ^b	927 ^b	868 ^b	824 ^b	785 ^c	8284
1157 ^b	1081 ^b	1017 ^c	962 ^b	905 ^b	855 ^b	815 ^b	8621
1204 ^b	1128 ^b	1058	1001 ^b	940	892	847 ^b	8977
1252 ^b	1170	1100	1040	982	927 ^b	880	9330

FRONTLÄNGEN.

7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	10,50	
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	
20,55	20,55	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66	24,66
16,27	21,69	18,60	26,08	26,08	26,08	26,08	26,08
15,25	17,16	19,60	19,60	27,45	27,45	27,45	27,45
18,04	16,03	16,03	20,61	20,61	28,86	28,86	28,86
18,92	18,92	16,80	16,80	21,63	21,63	30,27	30,27
15,85	19,82	17,62	17,62	22,65	22,65	22,65	22,65
13,81	16,57	18,41	18,41	18,41	23,66	23,66	23,66
13,28	17,24	19,16	19,16	19,16	19,16	24,63	24,63
13,81	14,96	16,32	19,95	19,95	19,95	19,95	19,95
14,35	14,35	16,96	20,73	20,73	20,73	20,73	20,73

BETTEFFEKTE.

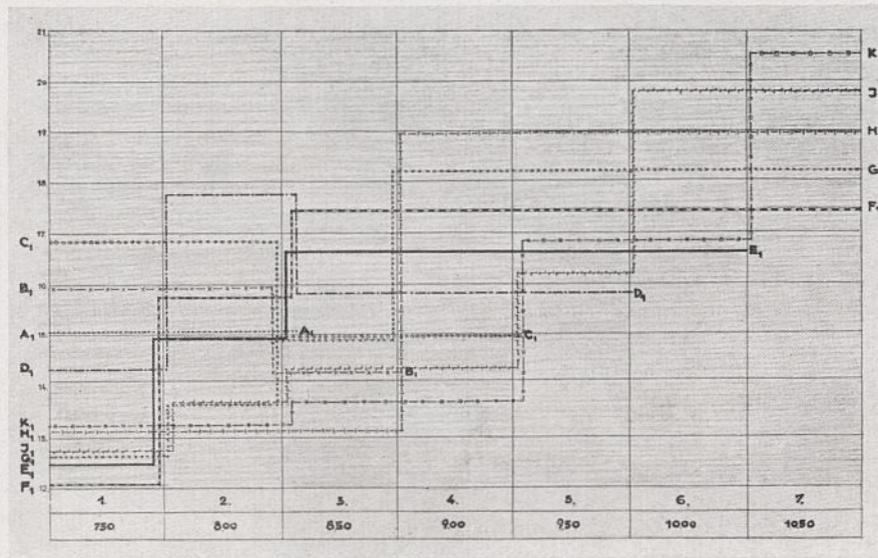
Zahlenmäßige Ergebnisse der vorstehenden graphischen Untersuchungen.
Typ 1 (Treppe nach Osten).

Nutzflächen von 45,60 m² bis 73,50 m². Bautiefen von 7,50 m bis 10,50 m.

Die Tabelle für den Betteffekt zeigt im allgemeinen:

1. eine Verschlechterung des Betteffektes bei Vergrößerung der Bautiefe (z. B. steigt der Betteffekt bei einer bebauten Grundfläche von 61,64 m² und einer Nutzfläche von 45,60 m² von 20,55 m² auf 24,66 m²);
2. eine Verbesserung des Betteffektes bei Steigerung der Nutzfläche (z. B. verringert sich der Betteffekt bei einer Bautiefe von 7,50 m von 20,55 m² auf 14,35 m²).

*) Betteffekt = bebauter Fläche für ein Bett.



Graphische Darstellung des Verlaufs der Betteffekte.
Typ 2 (Treppe nach Westen).

BAU-TIEFE	750	800	850	900	950	1000	1050	
TYP	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	NUTZFLÄCHE
A ₁	4	4	—	—	—	—	—	45,60
B ₁	4	4	4½	—	—	—	—	48,70
C ₁	4	4	4½	4½	—	—	—	51,80
D ₁	5	4	4½	4½	4½	—	—	54,90
E ₁	6	5	4½	4½	4½	4½	—	58,00
F ₁	6½	5	4½	4½	4½	4½	4½	61,10
G ₁	6½	6	5½	4½	4½	4½	4½	64,20
H ₁	6½	6½	6½	5½	4½	4½	4½	67,30
J ₁	7	6½	6½	6½	5½	4½	4½	70,40
K ₁	7	7	6½	6½	5½	5½	4½	73,50

BETTENZAHL.

750	800	850	900	950	1000	1050	
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	DURCHSCHN. BEB. FL.
805	752 ^s	—	—	—	—	—	60,22
851	800	780	—	—	—	—	63,86
898 ^s	845 ^s	791	747 ^s	—	—	—	67,39
946	888	835	788 ^s	753	—	—	71,10
994	932	876 ^s	830	789 ^s	755	—	74,80
1042	975	919	868 ^s	828 ^s	789	757	78,51
1089 ^s	1021	959 ^s	907	865	826 ^s	790	81,98
1137 ^s	1065	1001	946	901 ^s	861	824	85,57
1183	1110	1042	985	938	895	858	89,08
1231	1155	1083	1024	975	930	890 ^s	92,58

FRONTLÄNGEN.

750	800	850	900	950	1000	1050	
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	
1506	1506	—	—	—	—	—	
1597	1597	1419	—	—	—	—	
1685	1685	1496	1496	—	—	—	
1422	1778	1580	1580	1580	—	—	
1247	1496	1662	1662	1662	1662	—	
1208	1572	1745	1745	1745	1745	1745	
1261	1366	1490	1820	1820	1820	1820	
1316	1316	1316	1556	1900	1900	1900	
1273	1369	1369	1369	1620	1980	1980	
1323	1323	1424	1424	1683	1683	2057	

BETTEFFEKTE.

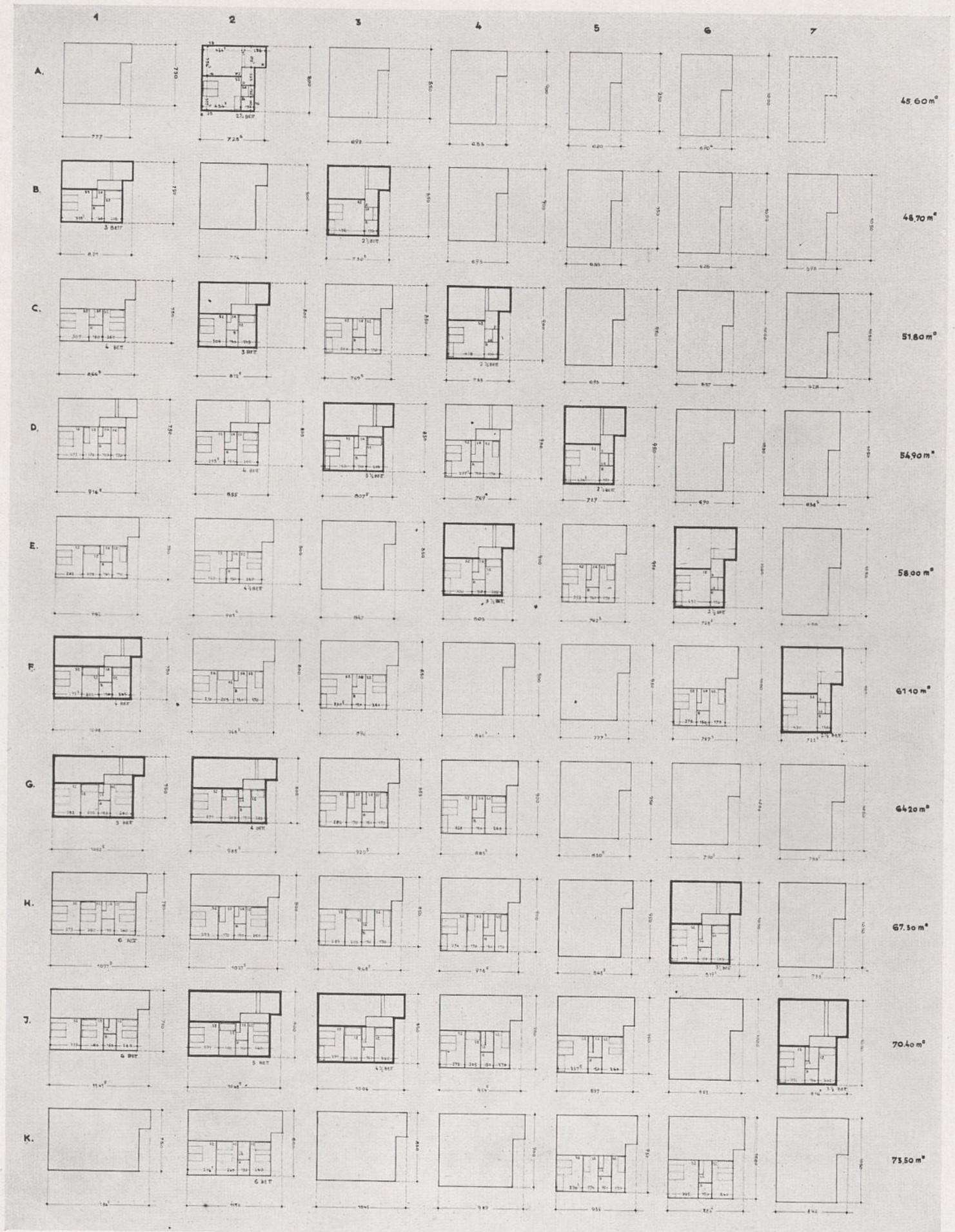
Zahlenmäßige Ergebnisse der vorstehenden graphischen Untersuchungen.
Typ 2 (Treppe nach Westen).

Nutzflächen von 45,60 m² bis 73,50 m². Bautiefen von 7,50 m bis 10,50 m.
Die graphische Darstellung zeigt eine ruhigere, gesetzmäßigere Entwicklung im Vergleich zu der nebenstehenden graphischen Darstellung für Typ 1 auf S. 244. Auch hieraus ergibt sich, daß die Programmstellung, die die Lage der Treppe nach Osten verlangte, falsch war.

Aehnlich wie bei Typ 1 zeigt sich:

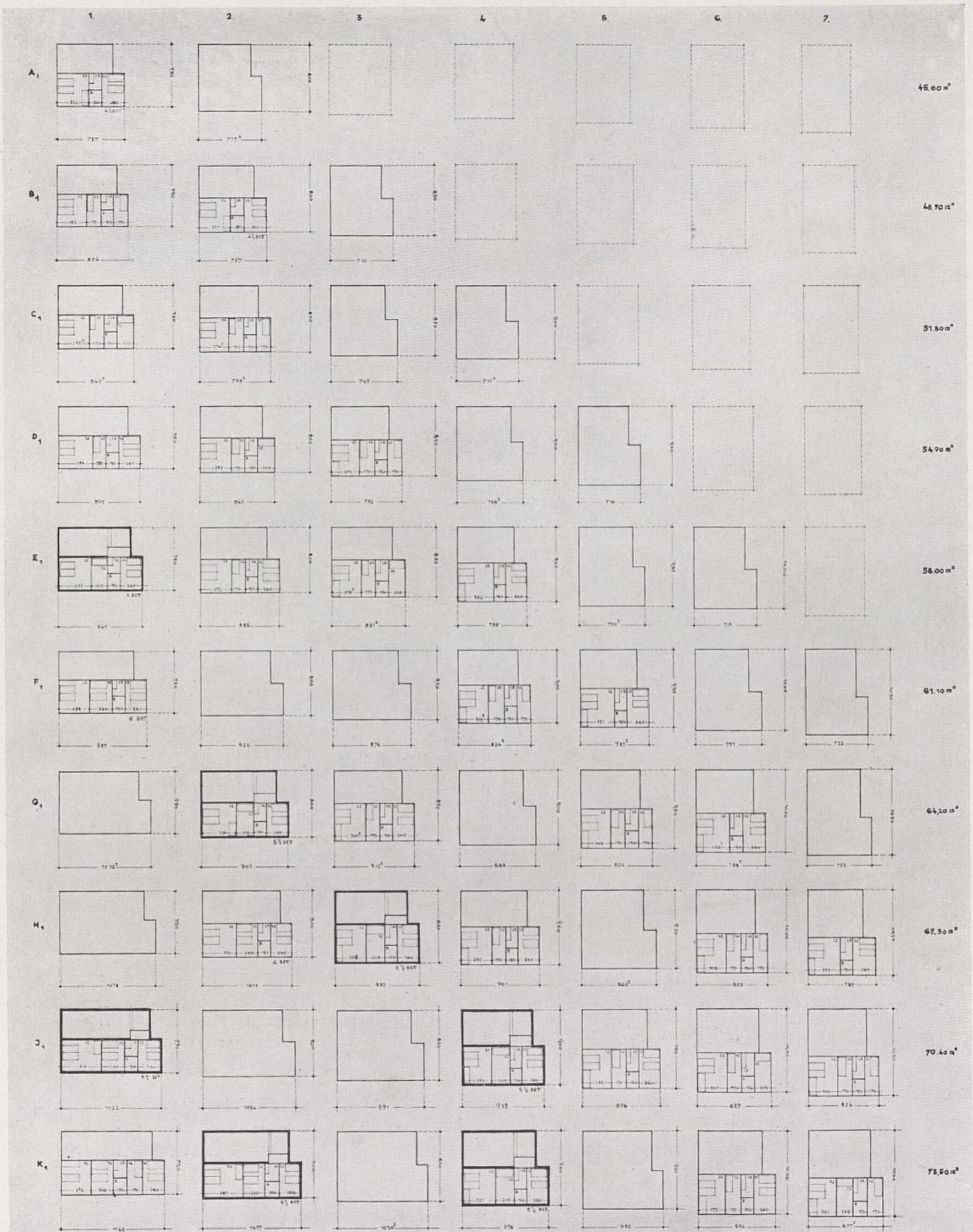
1. eine Verschlechterung des Betteffektes bei Vergrößerung der Bautiefe (z. B. steigt der Betteffekt bei einer bebauten Grundfläche von 92,58 m² und einer Nutzfläche von 73,50 m² von 15,23 m² auf 20,57 m²);
2. eine Verbesserung des Betteffektes bei Steigerung der Nutzfläche (z. B. verringert sich der Betteffekt bei einer Bautiefe von 7,50 m von 15,06 m² auf 13,23 m²).

Zahlen, die vom regelmäßigen Verlauf abweichen, sind Grenzfälle. Dies hängt mit der angenommenen staffelförmigen Steigerung der Bautiefen um je 0,50 m und der Nutzflächen um je 3,10 m² zusammen.



Einfluß der Konstruktion auf die Grundrißgestaltung bei festgelegten Nutzflächen und Bautiefen. Typ 1. TREPPE NACH OSTEN.

Beim Uebergang von der üblichen Konstruktion (Außenwände 0,38 m, Innenwände 0,25 m stark) auf eine Gerippekonstruktion (Außenwände 0,25 m, Innenwände 0,16 m stark) zeigen die stark ausgezogenen Grundrisse (24,5 vH) den Verlust je eines Bettes, die schwachausgezogenen Grundrisse (53,1 vH) den Verlust je eines halben Bettes oder eine andere Verringerung des Wohnwertes (z. B. schmale Kammer), die nur in Umfassungslinien dargestellten Grundrisse (42,6 vH) keine wesentlichen wirtschaftlichen und technischen Veränderungen.



Einfluß der Konstruktion auf die Grundrißgestaltung bei festgelegten Nutzflächen und Bautiefen. Typ 2.
TREPPE NACH WESTEN.

Beim Uebergang von der üblichen Konstruktion auf eine Gerippekonstruktion wie vor zeigen die stark ausgezogenen Grundrisse (12,7 v H) den Verlust je eines Bettes, die schwach ausgezogenen Grundrisse (49,1 v H) den Verlust eines halben Bettes oder eine andere Verringerung des Wohnwertes, die nur in den Umfassungslinien dargestellten Grundrisse (58,2 v H) keine wesentlichen wirtschaftlichen und technischen Veränderungen. Der Einfluß ist bei Typ 2 wiederum nicht so ungünstig wie bei Typ 1, z. B. tritt in der wirtschaftlichen Diagonale kein Verlust an vollen Betten ein.

B. PRAKTISCHE ANWENDUNGEN.

1. Großsiedlung Bad Dürrenberg.

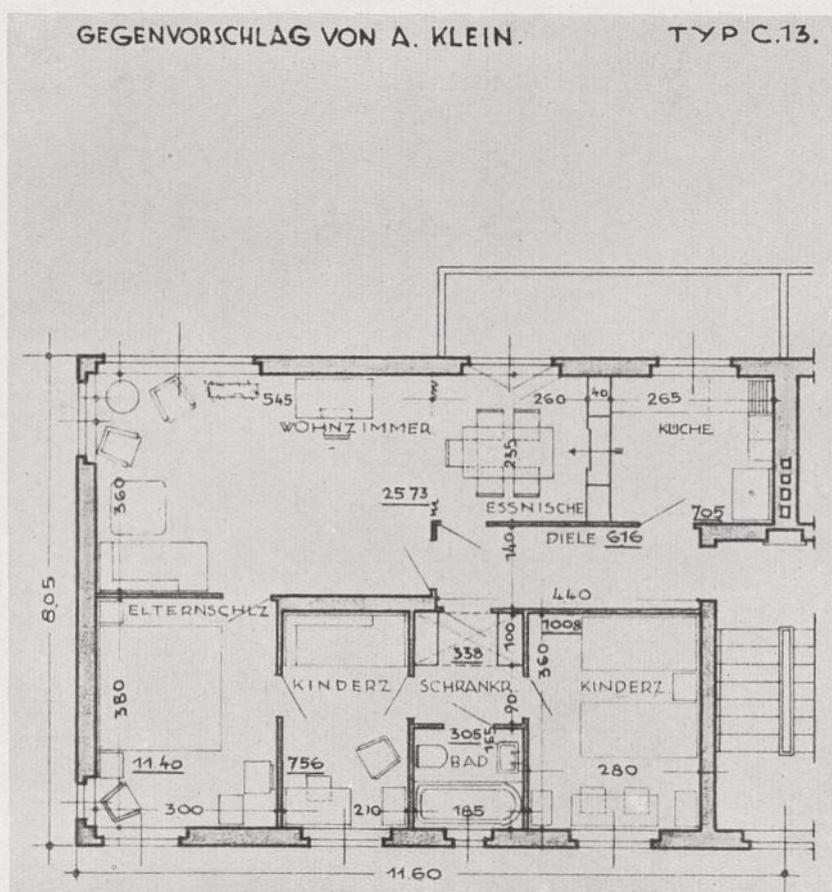
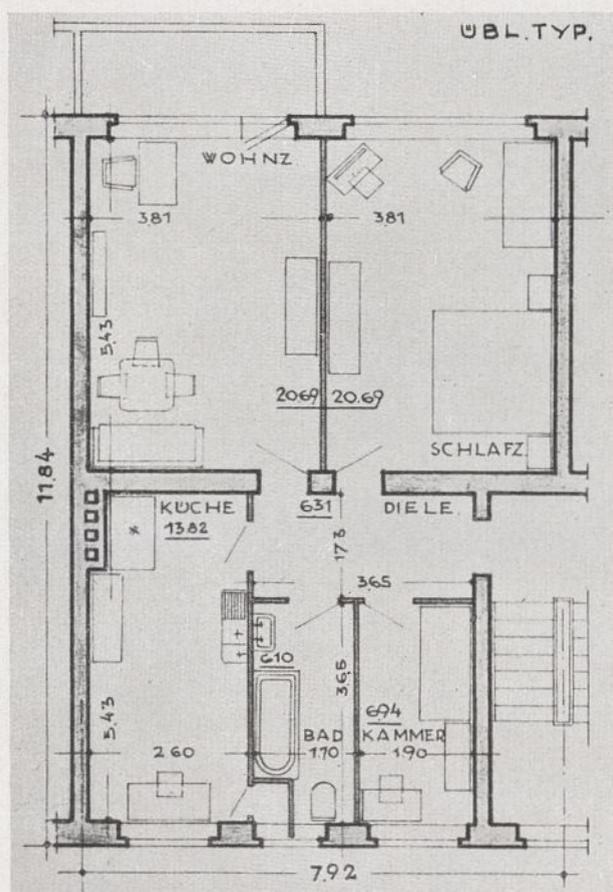
Die vorstehend geschilderten Forschungsmethoden wurden auch bei der vom Verfasser entworfenen und unter seiner künstlerischen Oberleitung ausgeführten Großsiedlung Bad Dürrenberg bei Merseburg angewandt.

Bisher ließ man sich bei der Wahl der Tiefe des Baukörpers meist nur von folgenden Erwägungen leiten:

1. Maximale Ausnutzung des gegebenen Geländes.
2. Ersparnis an Außenwandflächen vom Gesichtspunkte einer geringeren Wärmeabgabe der Räume.
5. Ersparnis an Erschließungskosten durch geringere Frontlänge.

Sowohl die Verteuerung des Baues infolge größerer Spannweiten bei größeren Bautiefen als auch der große Einfluß der Tiefe des Baukörpers auf die Grundrißgestaltung in wohntechnischer und wirtschaftlicher Hinsicht wurde meist vollkommen außer acht gelassen.

Die untenstehenden Abbildungen und die dazugehörigen Erläuterungen lassen deutlich erkennen, daß bei der Wahl der Bautiefe der Einfluß derselben auf die Grundrißgestaltung sehr wohl beachtet werden muß, besonders bei Wohnungen mit geringer bebauter Fläche. Nur dann läßt sich in wohlkultureller und volkswirtschaftlicher Beziehung Befriedigendes leisten.



Graphischer Vergleich und Auswertung der Eigenschaften eines üblichen Berliner Typs mit dem Dürrenberger Typ C 13 auf Belegung und Wohntechnik.

ÜBLICHER BERLINER TYP.

Bautiefe	11,84 m
Bebaute Fläche	94,4 m ²
Nutzfläche	74,55 m ²
Anteil der Wohnräume a. d. Nutzfläche	64,5 vH
Anteil der Nebenräume a. d. Nutzfläche	35,5 vH
Wohneffekt = $\frac{\text{Wohnfläche}}{\text{Bebaute Fläche}}$	0,50
Anzahl der Betten	5½
Betteffekt = $\frac{\text{Bebaute Fläche}}{\text{Bettanzahl}}$	27 m ² /Bett

Vorteile:

Ersparnis an Mauerwerk.
Ersparnis an Beheizung.
Ersparnis an Erschließungskosten.
Ersparnis an Terrainanteil (nur bei früher üblichen Erschließungen).

Nachteile:

Schwache Belegung. 1 Kinderzimmer weniger, was keine Möglichkeit ergibt, die Kinder nach Geschlecht zu trennen.
Größere Spannweite der Decken.
Mangelhafte Besonnung.
Wohntechnische Mängel (2 + Punkte, 18 - Punkte)*.

DÜRRENBARGER TYP C 15.

Bautiefe	8,05 m
Bebaute Fläche	95,00 m ²
Nutzfläche	74,67 m ²
Anteil der Wohnräume a. d. Nutzfläche	76,0 vH
Anteil der Nebenräume a. d. Nutzfläche	24,0 vH
Wohneffekt = $\frac{\text{Wohnfläche}}{\text{Bebaute Fläche}}$	0,58
Anzahl der Betten	5
Betteffekt = $\frac{\text{Bebaute Fläche}}{\text{Bettanzahl}}$	19 m ² /Bett

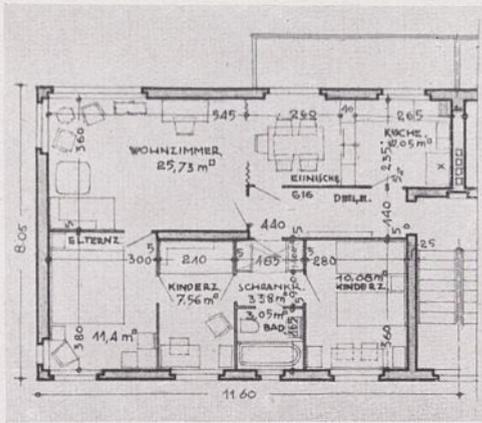
Vorteile:

Größere Belegung. Außerdem 1 Kinderzimmer mehr, was ermöglicht, die Kinder nach Geschlecht zu trennen.
Bessere Besonnung.
Kleinere Spannweiten der Decken.
Wohntechnische Vorteile (18 + Punkte, 2 - Punkte)*

Nachteile:

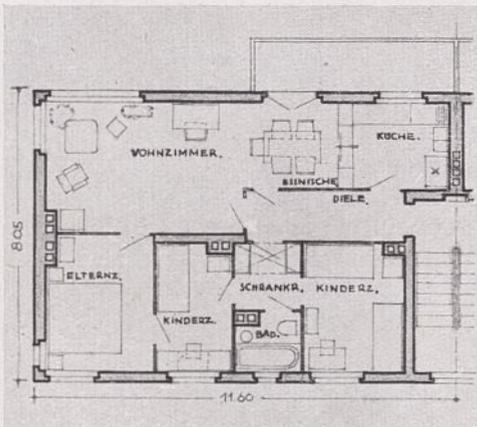
Mehrbedarf an Mauerwerk.
Verteuerung der Heizung.
Erhöhung der Erschließungskosten.
Vergrößerung des Terrainanteils (nur bei früher üblichen Erschließungen).

*) Punktbewertung s. Zentralblatt der Bauverwaltung 1928, Nr. 54 u. 55.



Dürrenberger Typ „C 15“. Warmwasserversorgung und Zentralheizung. 3 geschossig. Nutzfläche 74,67 m², bebaute Fläche 93,38 m².

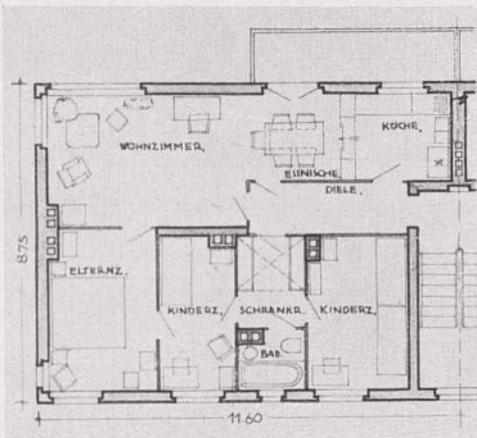
Die Heizkörper sind an den Stellen der größten Abkühlung aufgestellt und nehmen kaum Platz ein. Dadurch ist die Möglichkeit einer zweckmäßigen Möblierung der Räume gegeben. Küche und Bad werden beheizt, ohne einen besonderen Kamin einbauen zu müssen. Konstruktive Vereinfachung und Fortfall jeglicher Aufwendungen für Bedienung der Oefen.



Derselbe Grundriß, jedoch mit Ofenheizung und ohne Warmwasserversorgung. Der Wohnwert ist gegenüber dem ersten Fall geringer. Nutzfläche 72,37 m², bebaute Fläche 93,38 m².

Die Anwendung von Oefen benachteiligt die Zweckmäßigkeit der Möblierung. Das Elternbett muß beinahe an das Fenster gerückt werden.*) Die Kinderbetten können nicht ihre günstige Lage behalten. Die Sitzecke im Wohnzimmer und das Waschbecken im Bad gehen verloren. Küche und Bad bleiben unbeheizt. Die Nutzfläche wird durch Oefen und Kamine vermindert. Die Räume werden verunstaltet.

*) wodurch die Arbeitsecke verlorenght.



Aehnlicher Grundriß wie 2, auch mit Ofenheizung und ohne Warmwasserversorgung, mit erhöhtem, jedoch noch unter dem von Fall 1 liegenden Wohnwert. Nutzfläche 79,19 m², bebaute Fläche 101,52 m².

Um den durch Oefen verursachten Verlust an Platz und Wohnwert auszugleichen, muß die Bautiefe um ca. 70 cm vergrößert werden. Der umbaute Raum wird dadurch um ca. 9 v H vergrößert. Die Nutzfläche, im volkswirtschaftlichen Sinne, steigt dagegen nicht. Das Sofa im Wohnzimmer und das Waschbecken*) im Bad müssen nach wie vor fortbleiben. Die Räume bleiben verunstaltet.

Für 1 Wohnung beträgt:

Vermehrung des umbauten Raumes	52,48 m ³
Vergrößerung der Baukosten	1157,00 RM
Verteuerung der monatl. Miete bei 10 v H Verzinsung für Spitzengelder	9,47 RM

*) Bei Vergrößerung des Bades auf Kosten des Schrankraumes ergibt sich die Möglichkeit, ein Waschbecken im Bad anzubringen.

Einfluß der Ofen- und Zentralheizung auf die Grundrißgestalt.

Ebenso einseitig waren bisher meistens die Erwägungen, welche man der Wahl des Heizungssystems zugrunde legte. Es wurden im allgemeinen nur die Erstellungs- und Betriebskosten berücksichtigt. Erstere sogar oft in ungenügendem Maße, da z. B. Mehrkosten für Dach- und Balkenauswechslungen, Balkenverstärkungen und dergleichen im Falle von Ofenheizung wenig beachtet wurden. Ganz unberücksichtigt blieben aber in der Regel alle in volkswirtschaftlicher und wohntechnischer Hinsicht besonders für Kleinwohnungen wichtigen Momente, wie die Senkung der Kapazität (Belegungsmöglichkeit) der Wohnung und ihrer wohnkulturellen und wohntechnischen Qualitäten bei Ofenheizung. Die obenstehenden Abbildungen mit den dazugehörigen Erläuterungen lassen deutlich erkennen, daß — besonders bei den heutigen kleinen Wohnungen und dementsprechend geringeren Bautiefen — der Einfluß der Wahl des Heizungssystems berücksichtigt werden muß.

Bei der Großsiedlung Dürrenberg (1000 Wohnungen, von denen bisher 500 ausgeführt sind) sind folgende drei

Wohnformen mit nachstehend angeführten Nutzflächen und Mieten vertreten:

1. Etagenwohnungen
 - Typ C 2 mit einer Nutzfläche von 54,15 qm,
 - monatliche Miete 48,54 RM,
 - Typ C 7 mit einer Nutzfläche von 69,55 qm,
 - monatliche Miete 62,36 RM,
 - Typ C 15 mit einer Nutzfläche von 74,67 qm,
 - monatliche Miete 66,95 RM,
2. Etagenwohnungen in Außenganghäusern
 - Typ L mit einer Nutzfläche von 41,72 qm,
 - monatliche Miete 37,41 RM,
5. Einfamilien-Reihenhäuser
 - Typ E 1 mit einer Nutzfläche von 68,20 qm,
 - monatliche Miete 61,15 RM,
 - Typ E 2 mit einer Nutzfläche von 85,95 qm,
 - monatliche Miete 77,77 RM.

2. Zusatzprogramm des Reichs für Kleinwohnungen 1930.

Dem Bauprogramm von Dürrenberg lagen statistische Daten (Familienverhältnisse, soziale Lage, Einkommen) zugrunde, die vor zwei Jahren zusammengestellt wurden. Unterdessen hat sich die allgemeine Wirtschaftslage weiter verschlechtert, und selbst so niedrige Mieten, wie sie sich bei der Dürrenberger Siedlung ergaben, sind heute für den überwiegenden Teil der Bevölkerung Deutschlands nicht mehr tragbar. In dieser Erkenntnis sah sich das Reichsarbeitsministerium zu neuen Maßnahmen genötigt, die in den am 14. Juli d. J. erlassenen „Reichsrichtlinien“ für die Durchführung des Zusatzprogramms für Kleinwohnungen vorgezeichnet sind. Dieselben bezwecken zweierlei: Erstens wollen sie durch den Neubau möglichst vieler Wohnungen die Arbeitslosigkeit bekämpfen und zweitens eine Senkung der Mietpreise erzielen, die sich in einem Rahmen von 20 bis 40 RM monatlich halten sollen.

Eine gleichzeitige Erfüllung dieser beiden Aufgaben ist angesichts der teuren Bau- und Materialpreise einerseits und der notwendigen Sparsamkeit andererseits nur bei einer weiteren Einschränkung der Wohnflächen möglich*). Diese darf aber nicht auf Kosten der Wohnungseigenschaften geschehen, da der Einfluß der Wohnung auf die Bewohner anerkannt und für das Niveau eines Volkes in kultureller und gesundheitlicher Hinsicht von großer Bedeutung ist. Man wird also dem Problem nicht einfach durch eine rein geometrische Verkleinerung der bisherigen Wohnungsgrundrisse gerecht werden können, sondern man wird neue, den heutigen Verhältnissen entsprechende Lösungen finden müssen. Dabei wird in erster Linie darauf hinzuwirken sein, daß die Nachteile der zwangsläufig engen Räume vermieden werden und die Wohnung trotz der beschränkten Fläche wohntechnisch einwandfrei gestaltet wird.

Bei der Bearbeitung der vorliegenden Aufgabe wurde daher angestrebt:

1. Möglichst große Weiträumigkeit zu erreichen, d. h. durch Durchblicke von einem Raum in die anderen den Eindruck der Enge zu vermeiden.

*) Die finanztechnischen und Beleihungsfragen sind außer acht gelassen.

2. Durch breite Schiebetüren und entsprechende Anordnung der Fenster, die Wohnung in eine verbindende Beziehung zur Außenwelt zu bringen, d. h. gewissermaßen die Umgebung heranzubringen und Ausblicke in dieselbe zu gewähren.

3. Die Bewegungsflächen zu erweitern, damit nach Aufstellung der nötigen Möbel möglichst große konzentrierte und zusammenhängende freie Flächen verbleiben.

4. Eine leichte Beobachtung der Kinder durch die Eltern zu ermöglichen und das Gefühl des Zusammenlebens der Familienmitglieder zu steigern.

5. Auf möglichste Ausnutzung des Sonnenlichtes und möglichst vollkommene Durchsonnung der Wohnung zu achten.

6. Den Luftraum des Elternschlafzimmers und des Kinderzimmers durch Anordnung von Schiebetüren auf Kosten des Wohnraumes zu vergrößern, was während der Nacht besonders wichtig ist.

7. Alle Nachteile einer abgeschlossenen Küche (erschwerter Beobachtung der Kinder von der Küche aus, des Kochplatzes vom Eßtisch aus, umständliches Essenauftragen) zu vermeiden und alle Vorteile beizubehalten.

8. Auf besonders sparsame Ausbildung des Heizsystems Wert zu legen.

Der Verfasser hat folgende in den Reichsrichtlinien gekennzeichnete Typengrößen bearbeitet und dabei nachstehende Abmessungen zugrunde gelegt:

Typ I A mit 52 qm und 2 bis 2½ Betten.

I A mit 55,95 qm und 2½ Betten (Abb. unten links),

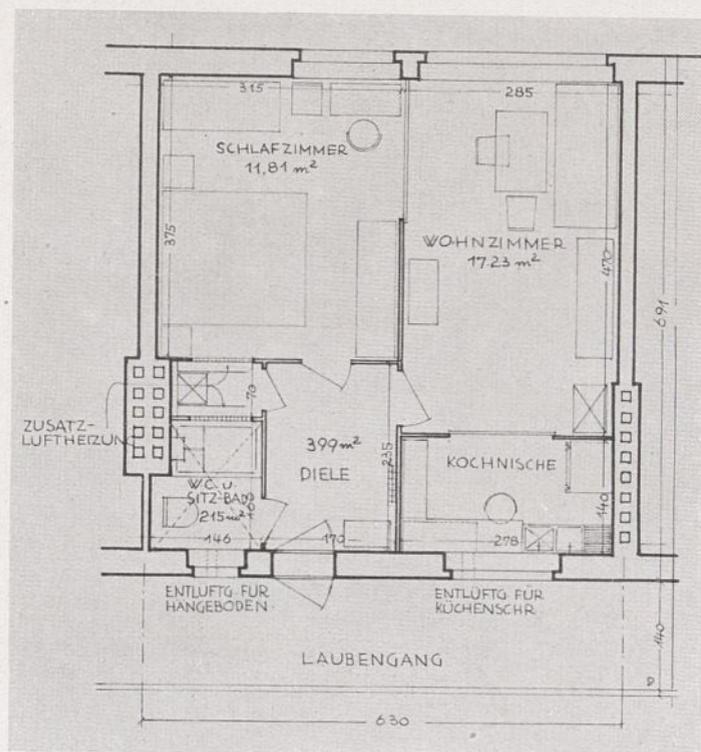
I A mit 55,95 qm und 2½ Betten (Abb. unten rechts),

II B mit 57 qm und 2½ Betten,

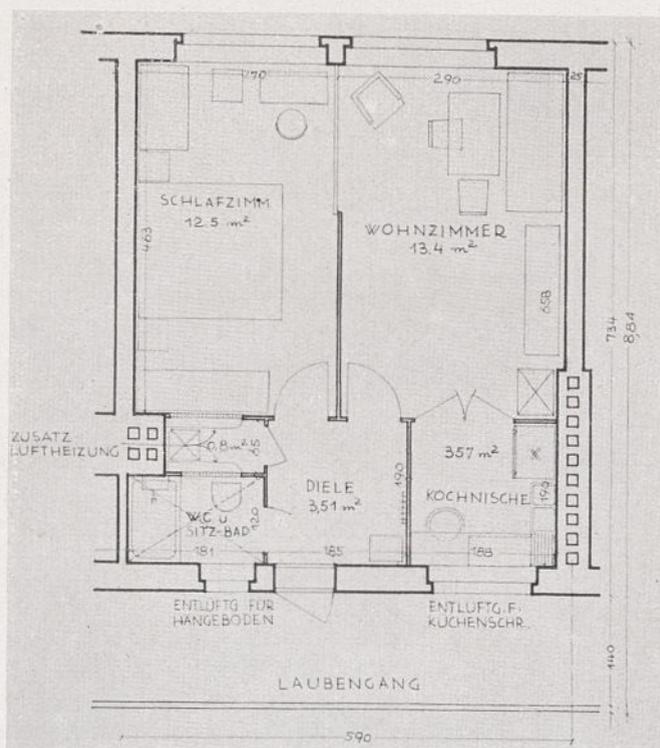
II A mit 41,9 qm und 3½ Betten (Abb. S. 251 oben links),

II B mit 45 qm und 3½ Betten (Abb. S. 251 oben rechts).

Der Beweis ist in den Abbildungen auf S. 252 für Typ II B graphisch geführt.

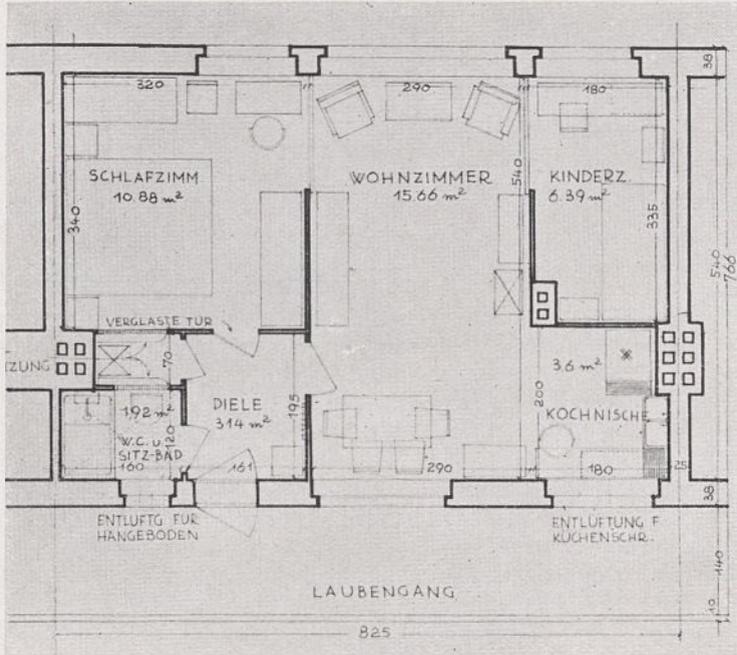


Typ I A, Laubenganghaus.
Nutzfläche 55,95 m²; 2½ Betten.

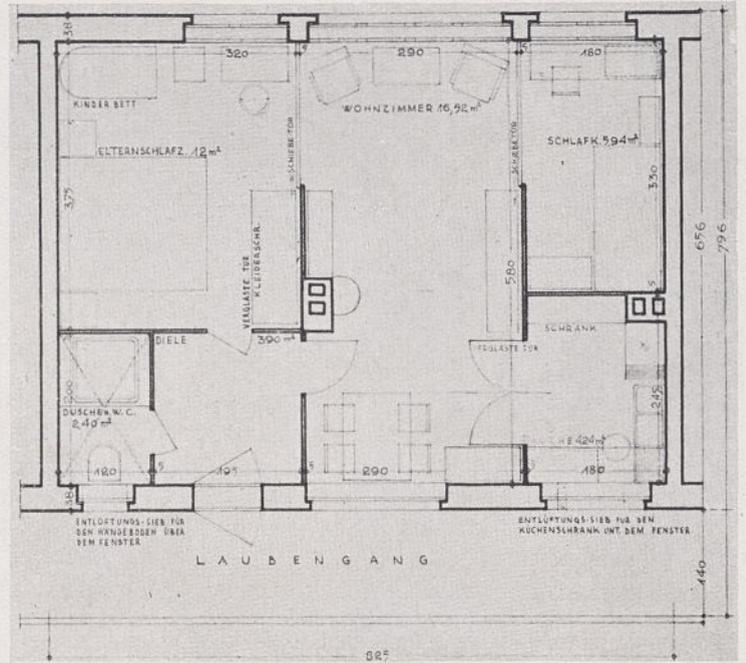


Typ I A, Laubenganghaus.
Nutzfläche 55,95 m²; 2½ Betten.

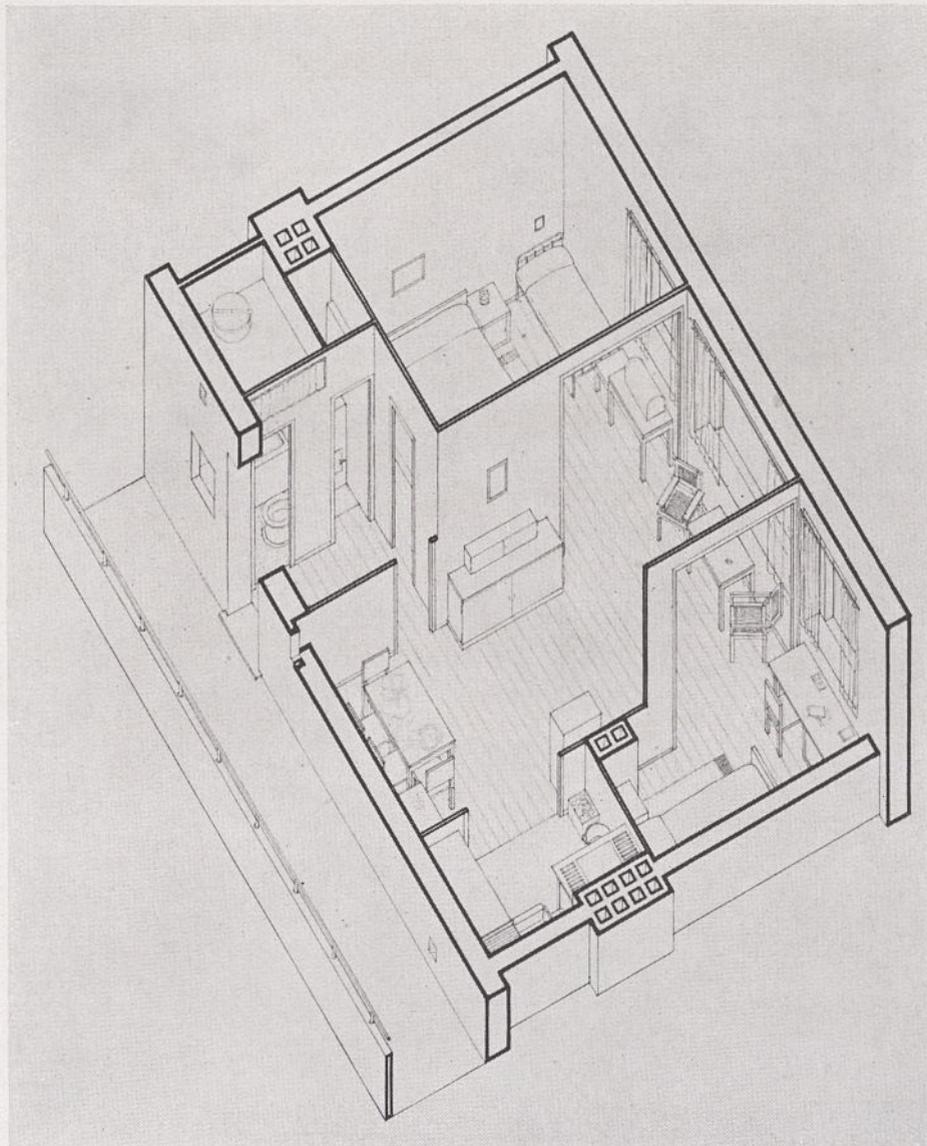
Zusatzluflheizung.



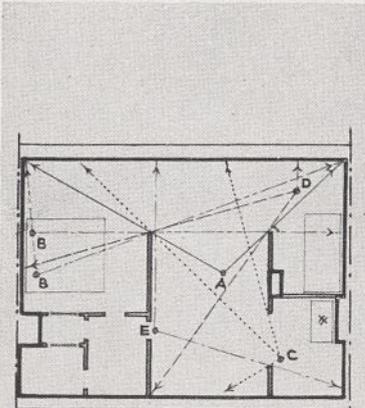
Typ II A, Laubenganghaus.
Nutzfläche 41,90 m²; 5½ Betten.



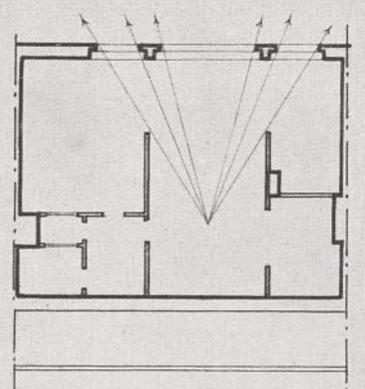
Typ II B, Laubenganghaus.
Nutzfläche 45 m²; 5½ Betten.



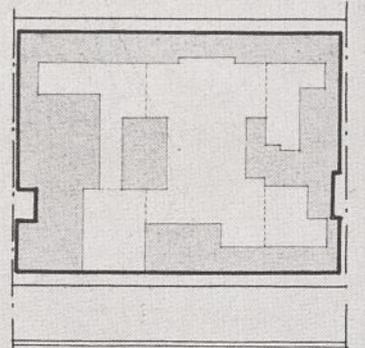
Grundrißtyp einer Wohnung von 45 m² für 5½ Betten (Typ II B).
Wohnform Außengangbau, isometrischer Schnitt.



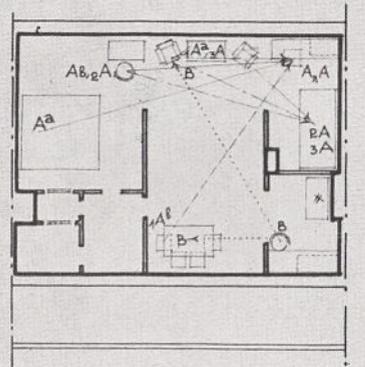
Grundsatz 1.
 Blick von den Standpunkten A, B, C, D, E:
 A. vom Wohnzimmer auf die ganze Außenwand,
 B. vom Schlafzimmer zum Wohnzimmer und zur Kammer,
 C. von der Küche zum Wohnzimmer u. Schlafzimmer,
 D. von der Kammer zum Wohnzimmer und Schlafzimmer,
 E. von der Eingangstür des Wohnzimmers zur Kammer und Küche.



Grundsatz 2.
 Durch breite Schiebetüren und entsprechende Anordnung der Fenster ist die Wohnung in eine verbindende Beziehung zur Außenwelt gebracht.

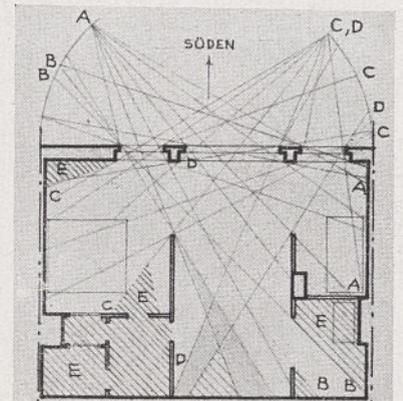


Grundsatz 3.
 Nach Aufstellung der nötigen Möbel große konzentrierte und zusammenhängende freie Flächen.

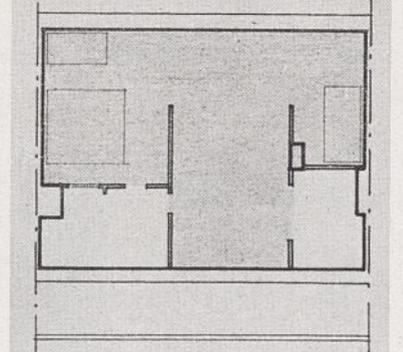


Grundsatz 4.
 A. Beobachtung des Arbeitstisches der Kinder vom Elternschlafzimmer a) von den Betten, b) vom Arbeitsplatz.
 1. A. Desgl. vom Wohnzimmer a) vom Sitzplatz, b) vom Eßplatz.
 2. A. Beobachtung des Kinderbetts vom Schlafzimmer (Arbeitsplatz).
 3. A. Desgl. vom Wohnzimmer (Sitzplatz).
 B. Blick von der Küche zum Wohnzimmer (Eßplatz und Sitzplatz).

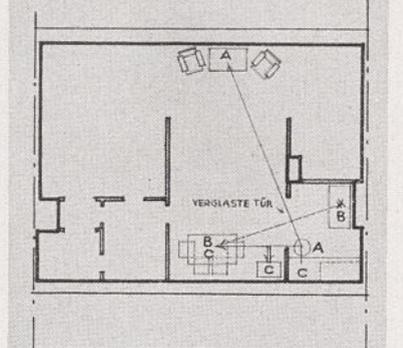
Grundsatz 5.
 Vollständige Durchsonnung und maximale Ausnutzung der Sonnenstrahlen.
 A. Sonne von Osten in die Kammer.
 B. Sonne von Osten in die Küche.
 C. Sonne von Westen in das Elternschlafzimmer.
 D. Sonne von Westen in das Wohnzimmer. Außerdem vollständige direkte Durchsonnung der Wohnung tagsüber.
 E. Die mit Schraffur bezeichneten Flächen werden von der Morgen- bzw. Abendsonne nicht erreicht.



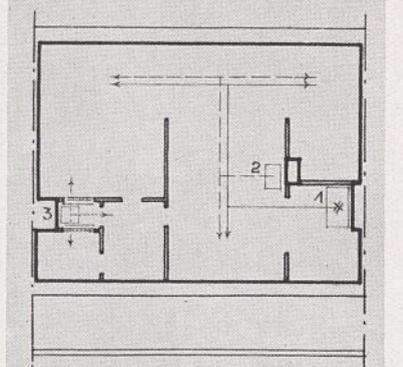
Grundsatz 6.
 Der Luftraum des Elternschlafzimmers und des Kinderzimmers ist durch Anordnung von Schiebetüren auf Kosten des Wohnraumes vergrößert.



Grundsatz 7.
 Die verglaste Tür, eine entsprechende Einrichtung der Küche und richtige Anordnung des Eßplatzes (s. A. B. C.) beseitigen die Nachteile einer erschwerten Beobachtung der Kinder von der Küche aus, des Kochplatzes vom Eßtisch aus und des umständlichen Essenauftragens.



Grundsatz 8.
 1. Für Uebergangszeit: Kohlenherd.
 2. Für normale kalte Tage: Ofen im Wohnzimmer, der auch Elternschlafzimmer und Kammer temperiert.
 3. Für besonders kalte Tage: Zusatzheizung, die außerdem dienen kann: a) bei Krankheitsfällen, b) bei Notwendigkeit, Schlafzimmer von den anderen Räumen zu trennen, c) um W. C. und Dusche zu temperieren.



Grundrißtyp einer Wohnung von 45 m² für 3½ Betten (Typ II B).
 Graphische Beweise mit Erklärungen über die Durchführung der auf Seite 250 entwickelten acht Grundsätze.

STATISCHE BERECHNUNG VON EISENBETON-DÜCKERROHREN IM SENKUNGS- GEBIET DES BERGBAUES (EMSCHER-DÜCKER).

Von den Regierungsbauräten Dr.-Ing. Stecher, Münster i. W. und Dr.-Ing. Mügge, Olfen i. W.

Der Bau der zweiten Fahrt des Dortmund-Ems-Kanals an seiner Kreuzung mit der Emscher zwischen km 1,9 und 5,8 des Zweigkanals nach Herne ist an anderen Stellen beschrieben worden¹⁾. Das wichtigste Bauwerk dieser zweiten Fahrt war der neue Emscherdücker, der die Emscher in drei kreisförmigen Eisenbetonrohren von je 5,54 m Durchmesser zu unterführen hat und dessen Baubeschreibung im Zentralblatt der Bauverwaltung 1950, S. 685, enthalten ist. Vom statischen Standpunkte aus ist dieses Bauwerk deshalb besonders bemerkenswert, weil es im künftigen Bergsenkungsgebiet liegt und daher bei seiner Berechnung Unterhöhungen der Rohre in der Längsrichtung zu berücksichtigen waren.

Die hierfür aufgestellte Standsicherheitsberechnung des neuen Emscherdückers ist im folgenden in den Grundzügen dargestellt²⁾.

Es sind zwei Hauptfälle für die Berechnung untersucht worden:

Fall I: ohne und Fall II: mit Berücksichtigung von Bergsenkungen.

Fall I: Ohne Berücksichtigung von Bergsenkungen.

a) Beanspruchung durch Eigengewicht.

Einheitsgewicht der abgewinkelten Rohrwand g . Gleichmäßige Unterstützung des Rohres, Druck über den ganzen Durchmesser verteilt angenommen³⁾ (Abb. 1)

oben⁴⁾:

$$M = r^2 \cdot g \left[0,205 + 0,26 \cdot \cos \varphi - \varphi (\sin \varphi - \sin \frac{\varphi}{2}) \right];$$

$$\Delta R = r \cdot g (0,26 \cos \varphi - \varphi \sin \varphi);$$

¹⁾ Zentralbl. d. Bauv. 1950, S. 685, und Bautechnik 1950, Seite 649.

²⁾ Vgl. auch Probst, Vorlesungen über Eisenbeton, Bd. II, 3. Abschn., Eisenbeton im Wasserbau (Springer 1922), Teil II, und Handb. f. Eisenbetonbau, 5. Aufl., Bd. V, Kap. II.

³⁾ Z. d. Oesterr. Ing. u. Arch. v. 1904, H. 9 u. 10.

⁴⁾ Bauing. 1922, H. 15.

unten:

$$M = r^2 \cdot g \left[0,86 - 0,26 \cdot \cos \varphi' + \varphi' \cdot \left(\sin \varphi' - \sin \frac{\varphi'}{2} \right) - \frac{\pi}{2} \cdot \sin^2 \varphi' \right];$$

$$\Delta R = r \cdot g (-0,26 \cdot \cos \varphi' + \varphi' \sin \varphi' - \pi \cdot \sin^2 \varphi').$$

M ist positiv, wenn es den Krümmungsradius vergrößert; ΔR als Zug positiv.

Belastung: Eigengewicht des Rohres = $0,85 \cdot 2,4 = 2,04 \text{ t/m}^2$
 Spätere Klinkerverblendung . . . = $0,15 \cdot 1,9 = 0,25 \text{ t/m}^2$
 $g = 2,29 \text{ t/m}^2$

$r =$ Halbmesser der Rohrmittellinie = $\frac{5,54 + 0,85}{2} = 3,10 \text{ m}$.

Hiernach sind die Momente M und Längskräfte ΔR für verschiedene Punkte berechnet und in Abb. 2 radial vom Umfange aus aufgetragen worden.

b) Beanspruchung durch Erdüberschüttung und Wasserauflast.

Gleichmäßige Unterstützung wie vor. Ueberschüttungshöhe im Scheitel $1,55 \text{ m} + 0,50 \text{ m}$ für Pflaster + $0,55$ wegen etwaiger Schlammablagerung im Kanalbett, zusammen $2,00 \text{ m}$. $\gamma_{\text{Boden}} = 2,20 \text{ t/m}^3$.

Gleichmäßig verteilte Belastung infolge der Erdüberschüttung q_e . Wasserauflast q_w . Wassertiefe bei angespanntem Kanalspiegel $3,50 \text{ m} + 1,00 \text{ m}$ für Vertiefung des Kanals infolge von Bergsenkungen, zusammen $4,50 \text{ m}$. Gesamte Belastung somit

$$q_e = 2,00 \cdot 2,20 = 4,40 \text{ t/m}^2$$

$$q_w = 4,50 \cdot 1,00 = 4,50 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Gesamtauflast } q = 8,90 = \text{rd. } 9,00 \text{ t/m}^2.$$

$$M = r^2 \cdot \frac{q}{4} \cos 2\varphi;$$

$$\Delta R = -r \cdot q \cdot \sin^2 \varphi^5).$$

Die hiernach berechneten Momente und Längskräfte sind in Abb. 5 aufgetragen.

⁵⁾ Bauing. 1922, H. 15.

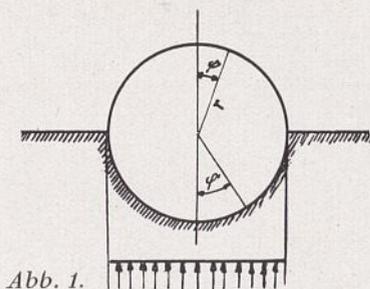


Abb. 1.

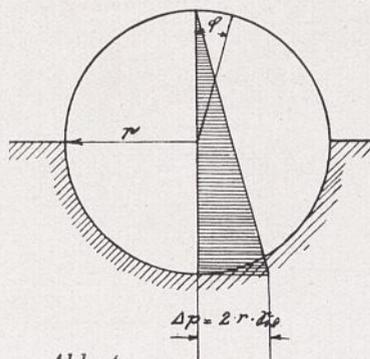


Abb. 4.

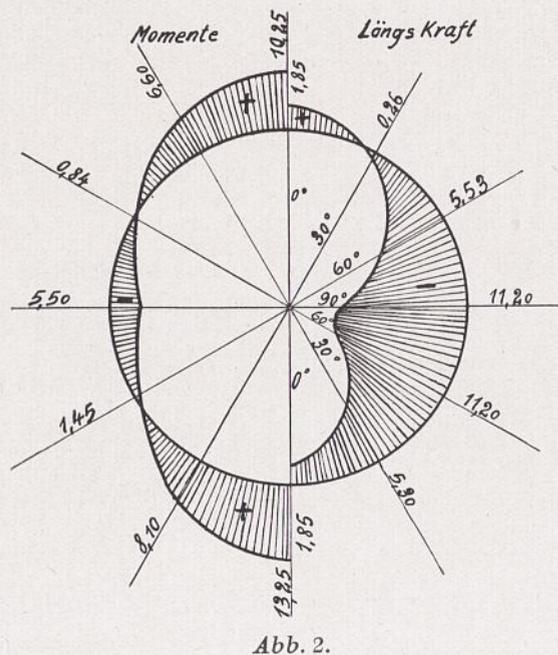


Abb. 2.

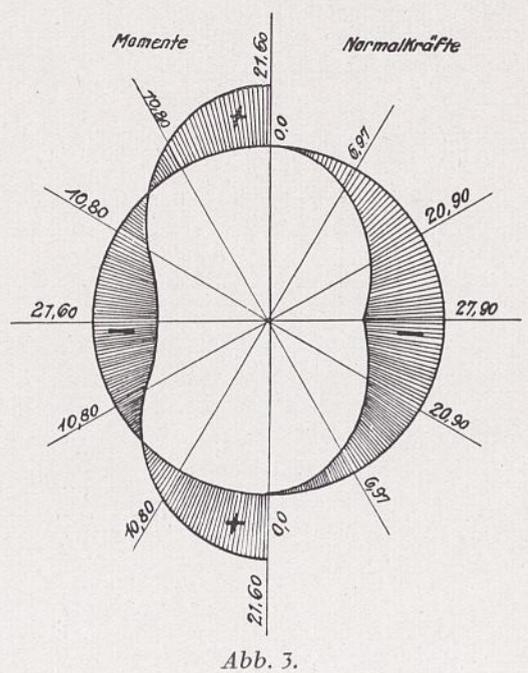


Abb. 3.

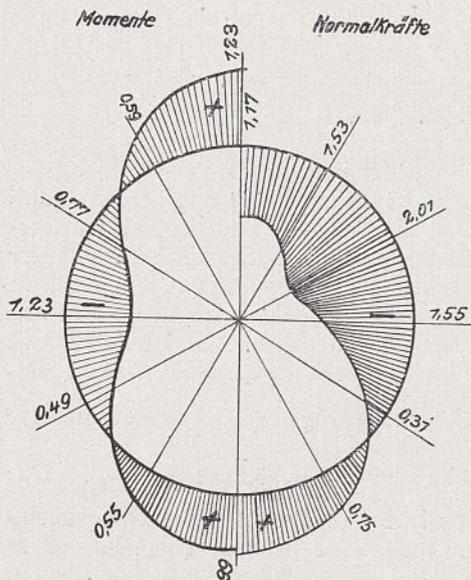


Abb. 15.

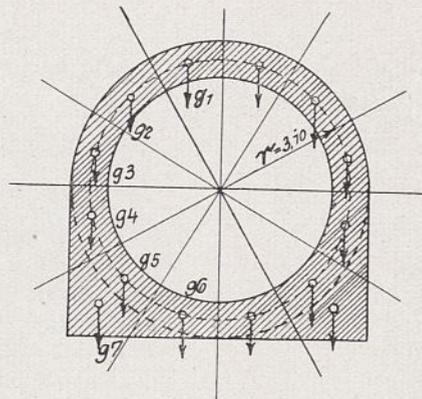


Abb. 16.
(oben)

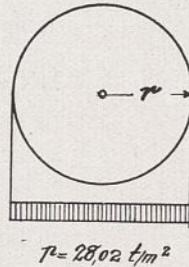


Abb. 18.
(links)

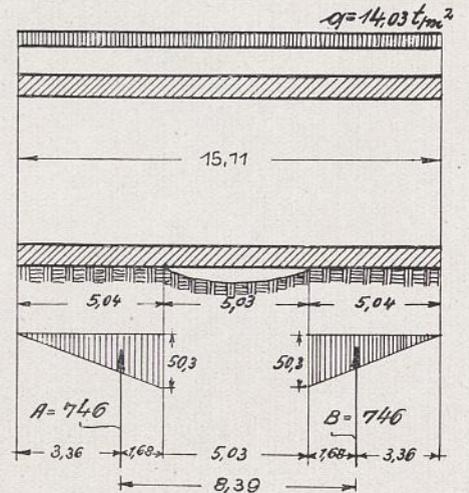


Abb. 17.

Der ringförmige Rohrquerschnitt wurde als geschlossener, biegunsfester Rahmen mit gleichbleibendem Trägheitsmoment berechnet. Er ist äußerlich statisch bestimmt gelagert, innerlich dreifach statisch unbestimmt. Die Ueberzähligen X_a , X_b und X_c sind der im Scheitel wirkende Horizontalschub, die Querkraft und das Moment, die man mit starren Stäben nach einem Punkt 0 verschiebt, dessen Lager durch die Bedingungsgleichungen $\delta_{ab} = \delta_{ac} = \delta_{bc} = 0$ bestimmt ist (Abb. 15).

Die folgende Berechnung setzt vollkommen unverschiebbare Unterstützung voraus und vernachlässigt die Formänderung durch die Normalkräfte, weil diese im Verhältnis zu den durch Momente hervorgerufenen verschwindend klein wird.

Aus dem Gesetz der kleinsten Formänderungsarbeit ergeben sich X_a , X_b und X_c in üblicher Weise als

$$X_a = \frac{\sum P_m \cdot \delta_{ma}}{\delta_{aa}};$$

$$X_b = \frac{\sum P_m \cdot \delta_{mb}}{\delta_{bb}};$$

$$X_c = \frac{\sum P_m \cdot \delta_{mc}}{\delta_{cc}}, \text{ worin}$$

$$\delta_{ma} = \int M_0 \cdot M_a \cdot ds$$

$$\delta_{mb} = \int M_0 \cdot M_b \cdot ds$$

$$\delta_{mc} = \int M_0 \cdot M_c \cdot ds$$

$$\delta_{aa} = \int M_a^2 \cdot ds$$

$$\delta_{bb} = \int M_b^2 \cdot ds$$

$$\delta_{cc} = \int M_c^2 \cdot ds$$

ist.

M_a = Moment im Hauptsystem infolge von $X_a = -1$
 M_b = " " " " " " $X_b = -1$
 M_c = " " " " " " $X_c = -1$
 M_0 = " " " " " " der Belastung.

$$M_a = -1 \cdot r \cdot \cos \varphi;$$

$$M_b = -1 \cdot r \cdot \sin \varphi;$$

$$M_c = -1;$$

$$ds = r \cdot d\varphi;$$

$$\delta_{aa} = 95,80 \text{ m}^3;$$

$$\delta_{bb} = 95,80 \text{ m}^3;$$

$$\delta_{cc} = 19,50 \text{ m}^3.$$

Normalkräfte:

$$\Delta r \text{ (infolge von } X_a) = X_a \cdot \cos \varphi;$$

$$\Delta r' \text{ (infolge von } X_b) = \mp X_b \cdot \sin \varphi.$$

Die Auswertung der Momentenfläche Abb. 14 ergibt

$$\sum P_m \cdot \delta_{ma} = + 109,95 \text{ tm}^3,$$

und
$$X_a = - \frac{\sum P_m \cdot \delta_{ma}}{\delta_{aa}} = - 1,17 \text{ t.}$$

X_b wird bei der Ausrechnung so klein, daß es vernachlässigt werden kann.

$$\sum P_m \cdot \delta_{mc} = - 96,95 \text{ tm}^3$$

und

$$X_c = - \frac{\sum P_m \cdot \delta_{mc}}{\delta_{cc}} = + 4,95 \text{ mt.}$$

Es ergeben sich nunmehr folgende Gleichungen:

$$M = \bar{M} - X_a \cdot M_a - X_c \cdot M_c;$$

$$\Delta R = \Delta R' + X_a \cos \varphi.$$

Die hiernach berechneten Momente und Normalkräfte sind in Abb. 15 aufgetragen worden; sie werden bei der Berechnung des folgenden Belastungsfalles benutzt.

f) Beanspruchung bei Unterhohlung des Dückerrohres auf ein Drittel seiner Länge in der Mitte.

Die freitragende Länge des Rohrstückes beträgt:

$$\frac{L}{3} = 5,04 \text{ m.}$$

Belastung:

Eigengewicht (Abb. 16)

$$g_1 = g_2 = g_3 = g_4 = g_5 = g_6$$

$$= (0,85 \cdot 2,40 + 0,15 \cdot 1,90) \cdot \frac{\pi}{6} \cdot 3,10 = 3,72 \text{ t}$$

$$g_7 = 3,52^2 \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) \cdot 2,40 \dots \dots \dots = 6,30 \text{ t}$$

$$g = 12 \cdot 3,72 + 2 \cdot 6,30 \dots \dots \dots = 57,24 \text{ t/m}$$

Erdüberschüttung und Wasserauflast (siehe Fall I, b):

$$q = 9,00 \cdot 7,04 \dots \dots \dots = 63,36 \text{ t/m}$$

Wasserfüllung im Innern des Dückers

$$w = \frac{5,34^2}{4} \cdot \pi \cdot 1,00 \dots \dots \dots = 22,50 \text{ t/m}$$

$$Q = 143,10 \text{ t/m}$$

Infolge der Unterhohlung kann angenommen werden, daß das Rohr vollständig im Grundwasser liegt. Der Auftrieb beträgt:

$$\left(3,10 + \frac{0,85}{2}\right)^2 \cdot 2 \cdot 1,0 = 24,85 \text{ t}$$

$$+ \left(3,10 + \frac{0,85}{2}\right)^2 \cdot \frac{\pi}{2} = 19,51 \text{ t}$$

$$\underline{\underline{44,36 \text{ t}}}$$

Die Gesamtbelastung ist daher:

$$= 143,10 - 44,36 = 98,74 \text{ t/m}$$

und

$$q = \frac{98,74}{7,04} = 14,05 \text{ t/m}^2.$$

Die Auflagerdrücke betragen:

$$A = B = 98,74 \cdot \frac{15,11}{2} = 746,0 \text{ t.}$$

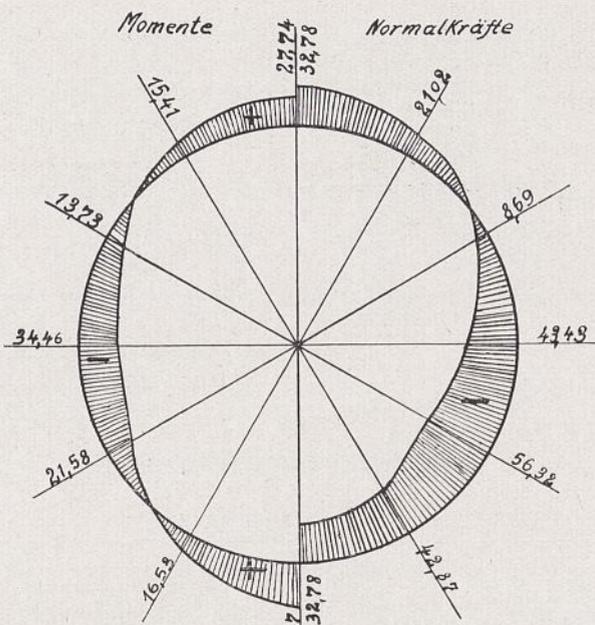


Abb. 19.

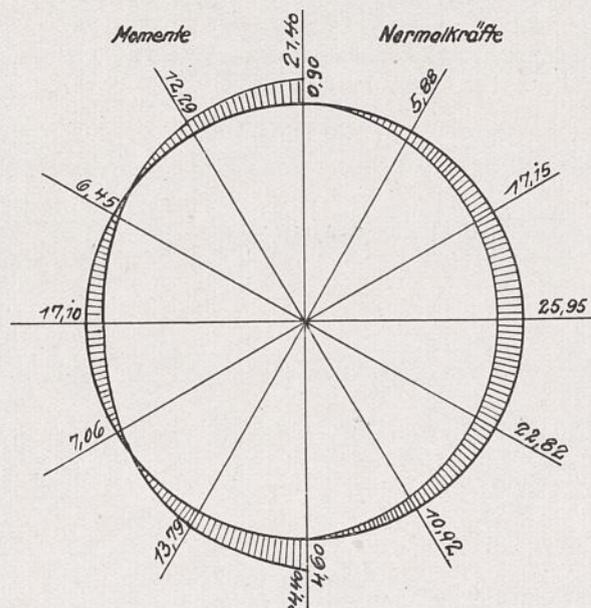


Abb. 20

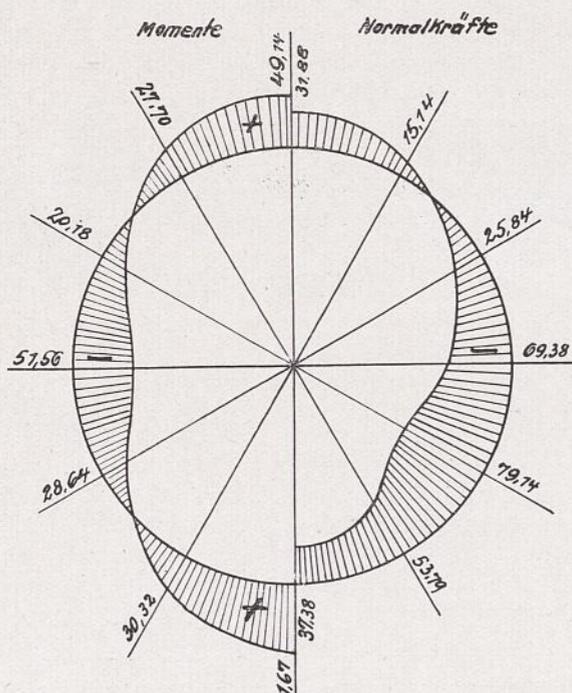


Abb. 21.

Die Bodenpressungen können über die ganze Auflagerlänge dreieckig verteilt angenommen werden (Abb. 17).

Größte Bodenpressung:

$$\sigma = \frac{2 \cdot 746,0}{5,04 \cdot 7,04} = 42,05 \text{ t/m}^2 = 4,205 \text{ kg/cm}^2$$

(zulässig).

Die Auflagerdrücke A und B liegen im Abstände

$$a = \frac{2}{5} 5,04 = 3,36 \text{ m vom Ende entfernt.}$$

Stützweite des Rohres:

$$15,11 - 2 \cdot 3,36 = 8,39 \text{ m.}$$

Das größte Feldmoment ergibt sich zu

$$M = \frac{98,74 \cdot 8,39^2}{8} = 868 \text{ mt.}$$

Die größten Beanspruchungen des Rohres in der Querrichtung treten über dem Auflager auf. Größte Belastung von unten (Abb. 18):

$$p = \sigma - q = 42,05 - 14,05 = 28,02 \text{ t/m}^2.$$

Ein Ringstück von der Breite $db = 1$ wird im Gleichgewicht gehalten durch die äußeren Kräfte $2 \cdot r \cdot p$ und die Querkräfte Q und $Q + \Delta Q$. Die Momente und Normalkräfte ergeben sich infolge der tatsächlichen Belastung von unten umgekehrt wie nach dem oben abgeleiteten Belastungsfall für eine obere gleichmäßig verteilte Belastung $q = 1,00 \text{ t/m}^2$.

Die hiernach berechneten Momente und Normalkräfte sind in Abb. 19 aufgetragen worden.

Ermittlung der größten Beanspruchungen des Dückerrohres.

a) Ohne Bergsenkungen. Die größten Beanspruchungen treten auf, wenn die Belastungsfälle 1a bis e zusammen wirken. Die sich ergebenden größten Momente und Normalkräfte sind in Abb. 20 aufgetragen worden.

b) Mit Bergsenkungen. Bei Unterhöhung in der Mitte auf ein Drittel der Länge des Dückerrohres treten die größten Beanspruchungen auf, wenn die Belastungsfälle Fall I, 1a bis e, und Fall II, f, zusammen wirken.

Die sich ergebenden größten Momente und Normalkräfte sind in Abb. 21 aufgetragen worden.

Formgebung des Dückerrohres.

Zulässige Beanspruchungen: Für den Fall von Bergsenkungen wird das Doppelte der sonst üblichen Beanspruchungen zugelassen, weil es sich um einen ganz außergewöhnlichen, aller Voraussicht nach nur ein einziges Mal auftretenden Ausnahmefall handelt.

Die Berechnung der Eiseneinlagen für vorstehenden Fall a „ohne Bergsenkungen“ wurde in der üblichen Weise durchgeführt.

Für den Fall b „mit Bergsenkungen“ war der Rechnungsgang folgender:

Größte Beanspruchungen des Betons und Eisens:

$$\sigma_b = \frac{M}{J_n} \cdot x.$$

$$\sigma_e = \frac{M}{J_n} \cdot n(h - x) \text{ (Abb. 22).}$$

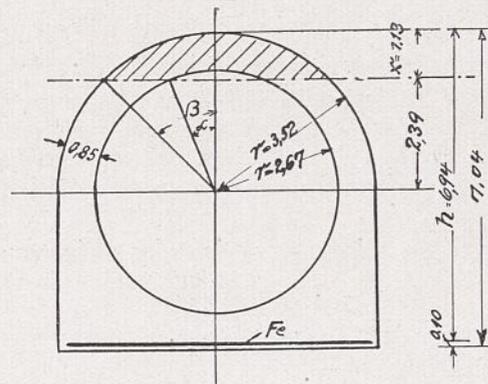


Abb. 22.

Die Resultierende D aller Druckspannungen im Querschnitt ist gleich der gesamten Zugkraft Z in den Eisen. Das Moment des durch Z und D gebildeten Kräftepaars muß dem äußeren Momente M das Gleichgewicht halten. Die Nulllinie ist zugleich Schwerlinie der wirksamen Querschnittsfläche, die aus der gedrückten Betonfläche und dem n -fachen Eisenquerschnitt besteht. x ergibt sich somit aus der Gleichung

$$S = n \cdot F_e (h - x),$$

worin

S das statische Moment der gedrückten Betonfläche, bezogen auf die Nulllinie, und $n \cdot F_e (h - x)$ das statische Moment des n -fachen Eisenquerschnittes, bezogen auf die Nulllinie, ist. Bewehrung der Rohre s. Abb. 25.

Schubbeanspruchung.

Die größte Schubbeanspruchung des Rohres in der Längsrichtung ergibt sich aus dem Belastungszustande „b“ (mit Bergsenkungen).

Schubspannung τ_0 aus der Gleichung:

$$\tau_0 = \frac{Q}{b_0 \cdot z},$$

worin b_0 bei Plattenbalken die Stegbreite, z den Abstand des Schwerpunktes der Eisen vom Druckmittelpunkte und Q die Querkraft bedeuten.

Der hohle Rohrquerschnitt ist zu einem einwandigen Querschnitt wagerecht zusammengeschoben (Abb. 24). Am oberen Rande des Querschnittes ist die Schubspannung = 0, sie wächst nach der Form einer Parabel bis zur neutralen Schicht auf den Wert von

$$\tau_0 = \frac{Q}{b_0 \cdot z}.$$

Unterhalb der Nulllinie sollen keine Normalspannungen mehr im Beton wirken (Amtl. Bestimmungen, § 18, Ziff. 1); von der Nulllinie an bleibt also die Schubspannung bis zum Eisen konstant. Infolgedessen richtet sich b_0 nach der geringsten Stegbreite in dem Gebiet des Querschnittes, innerhalb dessen die Schubspannung konstant ist.

Mithin $b_0 = 2d = 1,70$ m.

Bestimmung von z :

$$Z = D = \sigma_e \cdot F_e;$$

$$Z = D = \frac{M}{z};$$

$$z = \frac{M}{Z}.$$

$$F_e = 201,57 \text{ cm}^2; \quad \sigma_e = 1810 \text{ kg/cm}^2,$$

$$Z = 365 \text{ t},$$

$$z = 6,27 \text{ m}.$$

Die größte Belastung des Rohres beträgt ohne Berücksichtigung des Auftriebes

$$q = 145,10 \text{ t/m (vergl. Fall II, f).}$$

$$Q = 975 \text{ t}.$$

$$\tau_{\max} = 9,15 \text{ kg/cm}^2.$$

Der den Wert $\tau = 4,0 \text{ kg/cm}^2$ übersteigende Teil muß durch Scherbügel aufgenommen werden. Hierfür kann zunächst die äußere Ringarmierung, die bis zur Zugeiseneinlage des Balkens herunterreicht, mit in Rechnung gestellt werden, soweit die zulässige mittlere Eisenspannung $\sigma_e = 1200 + 2400$

$\frac{1200 + 2400}{2} = 1800 \text{ kg/cm}^2$ bei der normalen Beanspruchung des Rohres in der Querrichtung nicht erreicht wird.

Sie besteht aus acht Rundeseisen von 20 mm \varnothing ; $f_e = 25,14 \text{ cm}^2$. Die größte Zugbeanspruchung der Eisen in der Kämpferfuge ergibt sich nach dem Belastungszustand „a“ und ist im Standsicherheitsnachweis zu $\sigma_e = 495 \text{ kg/cm}^2$ berechnet worden.

Von der Ringarmierung werden also aufgenommen:

$$\tau_{\text{Bügel}} = \frac{2f_e \cdot \sigma_e'}{b_0 \cdot 100};$$

$$\sigma_e' = 1800 - 495 = 1305 \text{ kg/cm}^2;$$

$$\tau_{\text{Bügel}} = 5,85 \text{ kg/cm}^2,$$

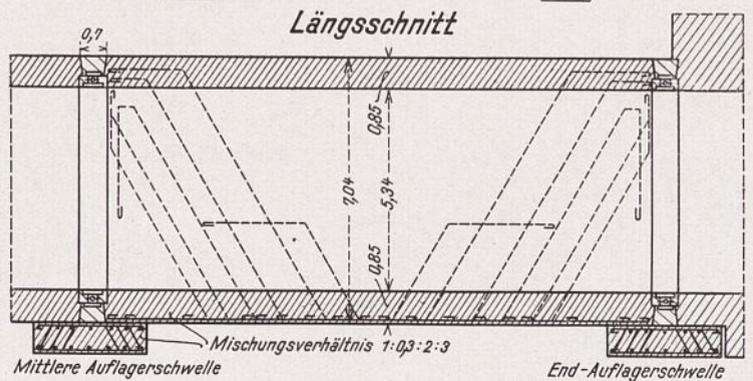
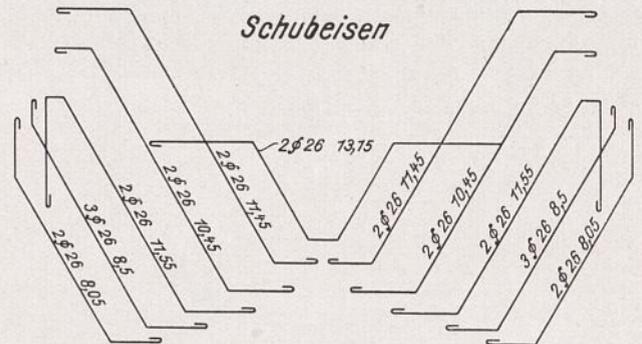
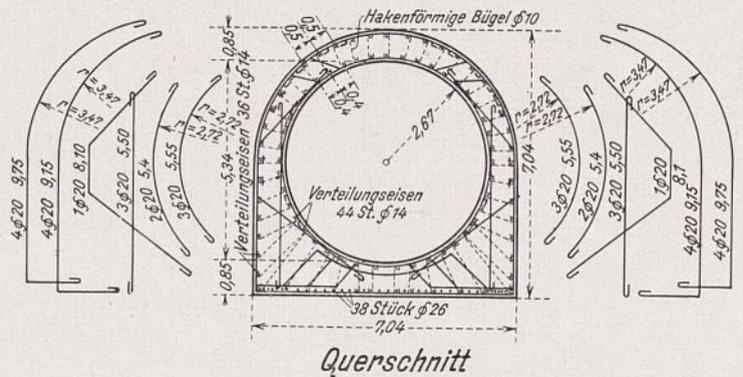
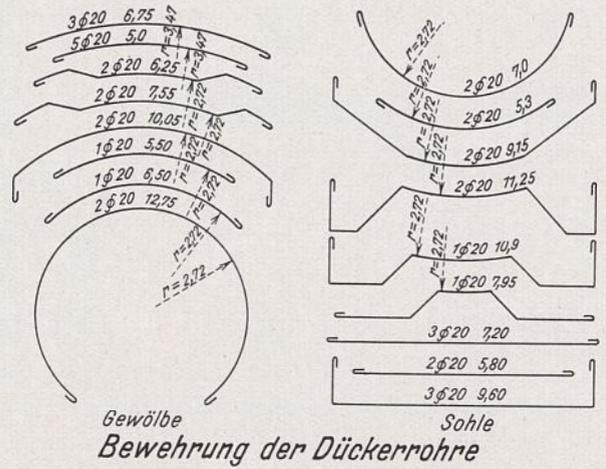


Abb. 25.

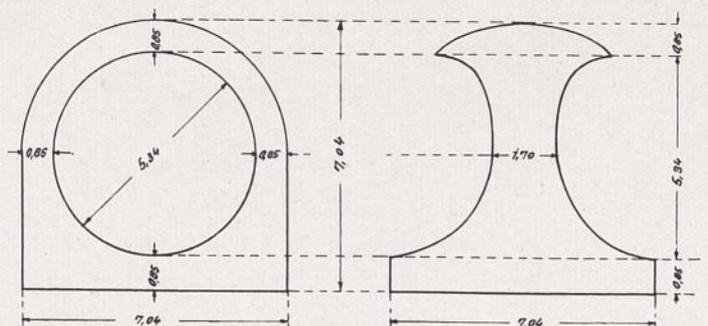


Abb. 24.

Der verbleibende restliche Teil der Schubspannungen wird auf der Strecke w durch schräge, unter 60° nach oben aufgebogene Eisen aufgenommen

$$w = \frac{l}{2} \cdot \frac{\tau_{\max} - \tau_{\text{Bügel}}}{\tau_{\max}} = 3,95 \text{ m.}$$

Die verbleibende Schubkraft auf der Strecke w ist:

$$\tau = \frac{\tau_{\max} - \tau_{\text{Bügel}}}{2} \cdot b_0 \cdot W = 178000 \text{ kg.}$$

Hiernach ergibt sich die Zugkraft Z im aufgebogenen Eisen zu:

$$Z = \tau \cdot \cos 60^\circ = 154000 \text{ kg.}$$

Es werden auf jeder Seite 2 · 11 Rundeisen von 26 mm $\varnothing = 116,82 \text{ cm}^2$ aufgebogen.

Ihre Beanspruchung ergibt sich zu:

$$\sigma_e = \frac{Z}{F_e} = 1330 \text{ kg/cm}^2 \text{ (zulässig).}$$

Für den Fall, daß das Rohr am Ende auf $\frac{l}{6} = \frac{15,11}{6} = 2,52 \text{ m}$ unterhöhlt ist, ergibt sich die größte Querkraft zu:

$$Q_{\max} = 361 \text{ t.}$$

Die Schubbeanspruchung τ_0 ist zu berechnen aus der Gleichung

$$\tau_0 = \frac{2Q}{F},$$

worin F die Querschnittsfläche des Ringquerschnittes ist.

$$F = 2r \pi \cdot d = 165500 \text{ cm}^2,$$

$$\tau_{\max} = 4,57 \text{ kg/cm}^2.$$

Die gesamte Schubspannung ist von der äußeren Ringarmierung aufzunehmen.

Es sind vorhanden $2 \cdot 2,52 \cdot 8 = 40$ Rundeisen von 20 mm \varnothing auf 2,52 m Länge.

$$\sigma_e = \frac{\tau_{\max} \cdot 252 \cdot 2 \cdot 85}{F_e} \dots \dots \dots = 1490 \text{ kg/cm}^2$$

Hierzu die normale Beanspruchung der Eisen	$= \frac{495 \text{ kg/cm}^2}{1985 \text{ kg/cm}^2}$ (zulässig)
--	--

Die normale Schubbeanspruchung des Rohres in der Querrichtung wird vom Beton aufgenommen, da an keiner Stelle der zulässige Wert der Schubspannungen von $4,00 \text{ kg/cm}^2$ überschritten wird.

Die bei Geländesenkungen auftretenden Schubbeanspruchungen werden durch Schubeisen aufgenommen, die aus baulichen Gründen sowieso nötig waren. Eine besondere Berechnung war entbehrlich.

Haftspannung.

Die Haftspannung ist für die Eisen über 25 mm \varnothing zu berechnen aus der Gleichung

$$\tau_1 = \frac{Q}{u \cdot z},$$

wobei u den Umfang der Eisen bedeutet.

Die größte Querkraft des Rohres ergibt sich mit Berücksichtigung des Auftriebes (vgl. Fall II, f) zu

$$Q = 672 \text{ t.}$$

Es befinden sich über dem Auflager 22 Rundeisen von 26 mm \varnothing .

Daher wird mit $z = 627 \text{ cm}$ $\tau_1 = 5,9 \text{ kg/cm}^2$.

Die zulässige Haftspannung beträgt gewöhnlich $5,00 \text{ kg/cm}^2$, bei Bergsenkungen also 10 kg/cm^2 . Der oben berechnete Wert ist also zulässig. Die übrigen Eisen sind zur Aufnahme der Haftspannungen am Ende unter 60° aufgebogen.

DIE ENTWICKLUNG DES NIEDERLÄNDISCHEN DEICHWESENS IM LAUFE DER JAHRHUNDERTE.*)

Von Regierungsbaumeister Dr.-Ing. Möhlmann, Berlin.

Die „lage lande bi der see“, wie ein mittelalterlicher Geschichtsschreiber die Niederlande nannte, sind seit der ältesten Zeit der Schauplatz des Kampfes zwischen See und Mensch gewesen, eines Kampfes, der bis auf den heutigen Tag mit Hartnäckigkeit und lange Zeit mit wechselndem Erfolge geführt worden ist. Ueberall an der Nordseeküste, wo niedrige Lande zu finden sind, zwischen Dünkirchen und Jütland, ferner in England an der Themsemündung und am Washbusen ist der Kampf in den Hauptzügen derselbe gewesen, aber in den Einzelheiten sind erhebliche Unterschiede in wasserbautechnischer Hinsicht vorhanden.

Vor zwei- bis dreitausend Jahren lag die Küstenlinie ein gutes Stück seewärts. Das Land wurde begrenzt durch einen Strandwall (zuerst Sandbank, dann Dünenkette), der sich von Nordfrankreich bis nach Dänemark erstreckte und nur einzelne Unterbrechungen an den Flußmündungen (Schelde, Rhein, Vlie, Ems, Weser usw.) aufwies. Hinter den Dünen lag ein Kleigebiet, das im Norden von Holland schon einige Jahrhunderte vor dem Beginn unserer Zeitrechnung bewohnt und in Kultur gewesen sein muß. Im Laufe der Zeit muß dann die Gezeitenbewegung stärker geworden sein. Diese Aenderung scheint zusammengefallen zu sein mit einer allmählichen allgemeinen Senkung des Landes in bezug auf den Meeresspiegel. Infolge des stärkeren Angriffs der See (in diese Zeit fiel auch die in alten Schriften erwähnte „Cymbrische Flut“) ging die Küstenlinie allmählich zurück. Die engen Seebuchten erweiterten sich beträchtlich. So bildete sich mit der Zeit das Wattenmeer. Die hinter dem abnehmenden Strandwall gelegenen Kleigebiete begannen unter hohem Wasser-

stand und Ueberflutungen zu leiden. Die Bewohner waren gezwungen, sich gegen die See zu wehren. Das war der Beginn des Kampfes, der Ausgangspunkt des Deichwesens.

Die Hügel. Es ist begreiflich, daß eine wenig zahlreiche und familienweise über das weite Land verteilte Bevölkerung zu wenig Zusammengehörigkeitsgefühl und zu wenig Organisation besaß, um den neuen Feind gemeinschaftlich zu bekämpfen. Jeder sorgte für sich selbst. Man baute Hügel für die Gehöfte. Die archäologischen Funde weisen darauf hin, daß diese Hügel einige Jahrhunderte vor Christi Geburt entstanden sind. Der Strandwall verschwand mit der Zeit immer mehr. Die Hügel mußten erhöht werden. Die Bewohner waren nicht mehr gesichert gegen die Sturmfluten und konnten Ackerbau und Viehzucht nur mühsam betreiben. Die verarmte Bevölkerung suchte sich mit letzter Kraft in dem täglich von der Flut überströmten Wattengebiet zu behaupten. So fand Plinius, der Ältere, das Gebiet zwischen Ems und Elbe, das jetzige Ostfriesland, wo die Klein- und Großchauen wohnten. Er schreibt darüber

„Dort bewohnt ein armselig Volk natürliche Anhöhen oder mit eigenen Händen aufgeworfene Hügel, worauf die Hütten erbaut sind. Die Menschen gleichen Seefahrern, wenn die Umgebung von Wasser bedeckt ist,

*) Aus einer Rede, die in „De Ingenieur“, Heft 6 vom 7. Februar 1950, veröffentlicht ist, soll hier das Wesentliche mitgeteilt werden. Vergl. auch: Carl Woebcken, „Deiche und Sturmfluten an der deutschen Nordseeküste“ 1924, Friesen-Verlag, Bremen-Wilhelmshaven.

und Schiffbrüchigen, wenn es zurückgetreten ist. Man kann im Zweifel sein, ob der Boden zum Lande oder zum Meere gehört.“

Mit der Zeit sind vermutlich viele der weit seewärts gelegenen Hügel unter großen Menschenverlusten verlorengegangen. Die übrigen Bewohner sahen diesem ständigen Rückgang nicht tatenlos zu. Sei es, daß die Bevölkerung des weiter binnenwärts gelegenen und höheren diluvialen Geestgebietes kein Zurückziehen der Hügelbewohner duldete, sei es, daß diese zu sehr an ihrem fruchtbaren Kleiboden hingen und daher ihre Gehöfte auf andere Weise zu sichern suchten, auf jeden Fall muß schon sehr früh mit der Anlegung der ersten Deiche ein neuer Zeitabschnitt in dem Kampfe gegen die See begonnen haben.

Die ersten Deiche. Gegenüber der früher herrschenden Ansicht, daß der Deichbau erst im 11. Jahrhundert eingesetzt habe, kann jetzt mit stichhaltigen Gründen nachgewiesen werden, daß die ersten Deichbauten einige hundert Jahre weiter zurückliegen müssen, wenn es sich dabei auch nicht um geschlossene Eindeichungen, sondern um kleine Teileindeichungen handelt. Erst nachdem die kleinen Deiche sich bewährt hatten und bei ihrer Ausführung Erfahrungen im Deichbau gesammelt worden waren, konnte an die Herstellung größerer, aneinander anschließender Deiche gegangen werden. Die dringende Notwendigkeit eines solchen geschlossenen Systems zeigte die katastrophale Sturmflut vom November 859, die viele Menschenleben forderte. Uebrigens haben die Hügel im Falle eines Bruches der neuen Deiche noch lange Zeit als Zufluchts Hügel gute Dienste geleistet.

Es ist schon immer eine Streitfrage gewesen, ob der Deichbau ursprünglich mehr einen verteidigenden oder einen erwerbenden Charakter trug. Diese Frage ist nicht mit Sicherheit zu beantworten. Einige Forscher sehen in den ersten Deichausführungen als Hauptzweck: notwendig gewordene Gebietsausbreitung; andere geben dies für spätere, jedoch nicht gerade für die ältesten Seewehrungen zu, die in verschiedenen Fällen offenbar als Ringdeiche und daher zur Verteidigung damals schon bewohnten Landes angelegt worden sind. Es erscheint auch natürlicher, daß die Bewohner zunächst auf die Verteidigung ihres Besitzes bedacht waren. Dies dürfte auch mit dem Gedankengang in den alten friesischen Landgesetzen übereinstimmen, wo die Verteidigung gegen die See in einem Atemzuge mit der Verteidigung gegen andere Feinde genannt wird. So heißt es in den Rüstringer Rechtsregeln, die vermutlich in der ersten Hälfte des 12. Jahrhunderts zusammengestellt sind und schon damals seit vielen Jahren in Friesland als Recht gegolten haben dürften in Anbetracht der Erfahrung, daß die schriftliche Festlegung eines Rechts oft erst lange Zeit nach seiner Entstehung zu geschehen pflegt:

„Dies ist auch Landrecht, daß wir Friesen haben eine Seefeste zu gründen und zu verwalten, einen goldenen Ring, der um ganz Friesland liegt, worin jede Deichruthe gleich ist der anderen, gegen den die salzige See Tag und Nacht anstürmt . . . Auch sollen wir Friesen unser Land halten mit Dreierlei: mit dem Spaten und mit der Schiebkarre und mit der Forke (Gabel); auch sollen wir unser Land verteidigen mit Schwert und Speer und mit dem braunen Schild gegen den hohen Helm und gegen den roten Schild und gegen die unrechtmäßige Herrschaft. Also sollen wir Friesen halten unser Land von oben bis unten, indem Gott uns helfen wird und Sankt Petrus.“

Die stets zu überlegende Frage, ob die Eindeichung mehr durch die Größe des einzudeichenden Gebietes oder durch das Risiko bei der Herstellung bestimmt werden muß, konnte damals nur zugunsten des Risikofaktors entschieden werden. Die wenig organisierte Bevölkerung konnte mit den primitiven Mitteln und bei dem Mangel an technischer Erfahrung den Deich nur auf einem

sicheren Untergrund bauen, der so hoch war, daß die mühsame und nicht gerade schnell vonstatten gehende Arbeit nicht bei jedem Hochwasser unterbrochen werden mußte. Außerdem konnte bei der Herstellung auf höher gelegenen Gelände ein kleiner Querschnitt gewählt werden. Ferner war dort die Wassertiefe gering und demgemäß auch der Wellenangriff selbst bei Sturmflut nicht groß, so daß man mit einfachen Erddeichen ohne künstlich befestigte Böschungen auskam.

Anfänglich wurden recht kleine Gebiete eingedeicht, die bei Sturmfluten Inseln bildeten und später, nachdem die dazwischenliegenden Mulden zugeschlickt waren, zu einem größeren Ganzen zusammengefügt werden konnten. An Stellen, wo die Anschlickung den Landverlust übertraf, wurde schon frühzeitig, jedenfalls schon lange vor dem Jahre 1000 neues Gebiet, dessen die wachsende Bevölkerung bedurfte, durch Eindeichung gewonnen.

An anderen Stellen, namentlich entlang der Zuiderseeküste, der jetzigen holländischen Provinz Friesland, und an der Nordküste von Westfriesland¹⁾ zwischen Medemblik und Schagen überwog der Landverlust. Verschiedene Umstände wirkten hier zusammen. Der Durchbruch an der jetzigen Insel Texel und die darauf folgende allmähliche Ausbreitung der Zuidersee verursachten eine Abspülung der Watten und der damals nördlich der Linie Kolhorn—Medemblik gelegenen Ländereien. Vielleicht brachte südlich des jetzigen Wattenmeeres auch eine plötzliche stärkere Bodensenkung die See schnell näher an die westfriesischen Deiche heran, die mit ihren unbefestigten Böschungen dem stärkeren Angriff nicht Stand halten konnten. Da jedoch die starrköpfigen Friesen dem Erbfeind kein Stück Land überlassen wollten, entbrannte ein grimmiger Kampf, der mit wechselndem Erfolge, aber mit großer Ausdauer geführt wurde und auch in wasserbaulicher Hinsicht außerordentlich bedeutend war, so daß es sich wohl verlohnt, hierauf näher einzugehen.

Im folgenden soll hauptsächlich der Deichbau in der Grafschaft Nord-Holland¹⁾ und besonders in Westfriesland¹⁾ behandelt werden.

Im nördlichen Holland hat man zweifellos Landverlust in großem Maße gekannt, ebenso in dem südlich gelegenen Zeeland. In Holland war jedoch der Verlust nicht wie in Zeeland auf die ausschleifende Wirkung der zwischen den abgesonderten Landresten sich bildenden Strömungen zurückzuführen, sondern auf den ständigen Wellenschlag, der die oberen, aus Moor und weichem Klei bestehenden Bodenschichten vor den Deichen allmählich abtrug und dadurch die Deiche gefährdete. Hier stellte sich schon im Mittelalter das Bedürfnis nach einer künstlichen Befestigung der Deiche heraus, als in Zeeland noch eine Berasung der Böschungen genügte, wobei auch die bessere Beschaffenheit des zum Deichbau verwendeten Kleibodens von Einfluß gewesen sein mag. Als jedoch auch dort im Laufe der Jahre die Deiche mehr mit der See in Berührung kamen und schließlich täglich bei Flut vom Seewasser bespült wurden, so daß sich die Grasnarbe nicht mehr hielt, ging man zu einer Abdeckung der Außenböschungen mit Stroh- und Schilfmatten, später auch zur Abdeckung mit Strauchwerk über.

In Westfriesland dagegen haben sich weder die Matten noch das Strauchwerk eingebürgert, obwohl dort schon frühzeitig die unbefestigten Außenböschungen durch Sturmfluten beschädigt wurden und oft steil abbrachen. Da für die endgültige Wiederherstellung der alten Böschungen günstigere Zeiten abgewartet werden mußten, blieb zunächst nichts anderes übrig, als an den wundgerissenen Stellen die steilen Böschungen notdürftig zu befestigen. Offenbar hat man damals aus der Not eine Tugend gemacht und die vorläufige Befestigung als endgültige beibehalten. Auf diese Weise entstand das typische nordholländische Deichprofil, bei dem statt der sonst üblichen flachen Außenböschung eine steile, bei späteren

¹⁾ Jetzige Provinz Nord-Holland.

Ausführungen beinahe senkrechte Vorderfläche nach Art einer Kaimauer vorhanden ist. Der Querschnitt hat sich vermutlich in verhältnismäßig kurzer Zeit, wenn auch erst nach mancher schlechten Erfahrung gewissermaßen tastend herausgebildet.

Kleideiche. Wahrscheinlich ist der erste Ausdruck des neuen Systems der Kleideich gewesen. In dieser Art ist der neue Querschnitt hauptsächlich vor Deichen mit geschützter Lage und Vorland, gelegentlich aber auch vor solchen bestehenden und sogar neuen Deichen ohne Vorland verwendet worden, vor denen ein bei Niedrigwasser trocken fallendes Watt vorhanden war. Einen Kleideich stelle man sich vor als eine Bekleidung der Außenseite eines Deichkörpers von beliebiger Bodenbeschaffenheit mit einer Vorlage, die aus regelmäßig aufgestapelten Klumpen von zähem Klei besteht und die Form eines gegen den Erddeich hintenübergelehnten Trapezes hat. Nach einer Vorschrift aus dem 16. Jahrhundert sollte die Sohlenbreite 3 Fuß (90 cm) größer sein als die Kronenbreite.

Schon in recht alten Schriften wird der Kleideich erwähnt. So gewährten Hendrik von Brederode und seine Gemahlin Isabelle de Fontaines im Jahre 1528 ihren Leuten von Callantsoog die Vergünstigung, ihre Deiche, welche sie „mit Klei und Seegras“ herstellten, vom Vieh abweiden zu lassen. Später kommt in Urkunden und Verordnungen das Wort Kleideich öfter vor; dabei wird zwischen diesem und dem Erddeich stets scharf unterschieden.

Vierlingh gibt in seinem Tractat van Dijkagie (um 1578) eine Beschreibung von dem Bau eines Kleideiches im nordöstlichen Teil des Zijperdeichs, der ursprünglich im Jahre 1552 u. folg. anscheinend nach einer alten Bauweise ausgeführt und später bei der berichtigten Allerheiligenflut von 1570 vernichtet, dann aber nach der neuen Bauweise bis zum Jahre 1579 wiederhergestellt worden ist.

Der Boden wird im Watt gewonnen, das nur bei Niedrigwasser trocken fällt. Er besteht aus fettem, in trockenem Zustande sehr zähem Klei, der mit Seegras bewachsen ist. Während der Flut, wenn das Watt unter Wasser steht, fährt eine große Anzahl von Arbeitern mit kleinen Booten auf das Watt hinaus und hackt mit einer Kleihakke, die man sich als eine Art Neptunsdreizack mit umgebogenen Enden vorstellen muß, einigermaßen regelmäßig geformte Klumpen von Klei mit dem darauf wachsenden Seegras los. Der Klei wird dann mit dem Kahn nach der Baustelle gebracht. Sobald diese trocken gefallen ist, werden die Kleiklumpen regelmäßig wie eine Mauer mit treppenförmiger Vorderfläche aufgestapelt, wobei darauf zu achten ist, daß die mit Gras bewachsene Fläche nach der Vorderseite zu liegen kommt. Das wie ein Vorhang herunterhängende Seegras schützt die Außenfläche einigermaßen gegen Ausspülung bei Hochwasser. Wenn das Wasser wieder gestiegen ist, wird eine neue Ladung geholt. Der Umstand, daß die Ausführung bei dieser Arbeitsweise nicht gerade schnell vonstatten geht, hat den Vorteil, daß der frisch verarbeitete Boden etwas Zeit zum Setzen und Austrocknen hat, bevor neuer Boden aufgebracht wird. Wirtschaftlich ist diese Arbeitsweise jedoch nicht.

Nach den bei diesem Bau gemachten Erfahrungen wurde bei der Eindeichung des Wieringerwardpolders in den Jahren 1597 bis 1612 die abgetreppte Vorderfläche durch eine glatte in der Neigung 1,5 : 1 ersetzt. Der Kleideich war 5 m hoch und gegen die Vorderfläche des Erddeichs hintenübergelehnt. Ein solcher Deich mit steiler Außenböschung konnte ohne besondere Befestigung nicht lange halten.

Seegrasdeiche. Die Unterhaltungspflichtigen der durch Wellengang beschädigten Deiche werden vermutlich bemerkt haben, daß Haufen von Seegras, die vor der steil abgerissenen Außenböschung lagen, den Wellengang bei

gewöhnlichem Hochwasser sehr wirksam auffingen und so weitere Beschädigungen verhinderten. Sie werden nun das in der Nähe angespülte Seegras gesammelt und zur Befestigung des Deiches verwendet haben. In einer Zeit ohne hohe Fluten werden sie dann die Erfahrung gemacht haben, daß hoch aufgestapeltes Seegras infolge seines Eigengewichts zusammensinkt und durch den einsetzenden Brühprozeß eine fest ineinandergreifende Masse bildet, die nur schwer mit dem Spaten abgestochen werden kann, die daher einen sehr guten Schutz gegen den Angriff der Wellen bietet. Die in den Pflanzenteilen enthaltenen Salze wirken obendrein wahrscheinlich fäulnishindernd, so daß das verarbeitete Seegras wenig vergänglich ist.

Mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit werden die nordholländischen Deichbauer auf diese Weise im 13. oder 14. Jahrhundert zur Herstellung von Deichen aus Seegras gekommen sein. Zuerst erwähnt ist ein solcher Deich in einer Verordnung des Bischofs van Zuden aus dem Jahre 1519:

„Jeder Mann in Friesland (gemeint ist Westfriesland) soll seinen Deich machen . . . , mit Erde den Erddeich und mit Seegras den Seegrasdeich“

Ein Seegrasdeich hat die Form einer Kaimauer. Die Vorderfläche ist nahezu senkrecht; das ist erforderlich, um eine gute Verbindung zwischen den aufgestapelten Lagen zu erreichen. Die Rückseite ist, wie beim Kleideich, gegen den Erddeich gelehnt, der mit einer möglichst steilen Vorderfläche hergestellt wird. Die Erfahrung hat gezeigt, daß der Seegrasdeich ein viel zweckmäßigerer Schutz gegen den Wellenangriff ist als der Kleideich; er hat daher auch die meisten Deiche in dem nördlichen Holland etwa bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts gegen den Angriff der See geschützt.

Bezüglich der Höhe wurde gewöhnlich vorgeschrieben, daß die Oberkante 1 oder 2 Fuß über der Kronenhöhe des dahinterliegenden Erddeichs liegen sollte. In einer alten Verordnung des holländischen Hofes aus dem Jahre 1518 bezüglich des westlichen, einigermaßen geschützt liegenden Teiles des westfriesischen Ringdeiches ist eine Sohlenbreite von 2,40 m und eine Kronenbreite von 1,80 m angegeben. Jedoch kamen wahrscheinlich schon früher viel größere Abmessungen vor, besonders bei den weniger geschützt liegenden Deichen. Je mehr die See mit der Zeit die Watten wegpülte, desto größer mußte die Breite der Seegrasdeiche werden, desto höher wurden aber auch die Kosten. In einer Eingabe der vier Aemter von Westfriesland aus dem Jahre 1752 an die Regierung wird darauf hingewiesen, daß viele Nachkommen begüterter Eltern durch die hohen Unterhaltungskosten für die Deiche ruiniert seien. In der Nähe von Medemblik war zu Anfang des 18. Jahrhunderts die Breite des Seegrasdeiches an einigen besonders stark angegriffenen Stellen auf 6 bis 8 m gewachsen. Das laufende Meter kostete einschließlich der Pfähle, auf die später noch näher einzugehen sein wird, rd. 200 fl. (= rd. 540 M).

Ein schwacher Punkt dieser Deichart war die nahezu senkrechte Vorderfläche, die aber für die Widerstandsfähigkeit des Baustoffes selbst unbedingt notwendig war. Die bei Sturm aufspritzenden und mit Wucht niederfallenden Wellen verursachten mit der Zeit eine Auskolkung vor dem Deichfuß. Außerdem kam der lose gegen den Erddeich gelehnte Seegrasdeich in schwankende Bewegung, so daß zwischen beiden ein Spalt entstand, der sich allmählich mit abbröckelnder Erde oder, was wesentlich schlimmer war, mit überspritztem Wasser füllte. Dadurch wurde der Seegrasdeich immer mehr nach vorn gedrückt und stürzte schließlich stellenweise nach vorn über in die See. Wenn diese abgebrochenen Teile zunächst auch eine Art Wellenbrecher bildeten, so mußte doch die ungeschützte steile Vorderfläche des Erddeichs schweren Schaden nehmen.

Großes Unheil richtete auch das Eis an, wenn es in Bewegung kam. So berichtet der Geschichtsschreiber der

Stadt Medemblik, daß im März 1622 bei kräftigem Nordwestwind das 1 Fuß (30 cm) starke Eis den 6½ m starken Seegrasdeich hinter dem Rathaus in einer Stunde abscherte. Der Schaden betrug 150 000 Gulden (fl.). Das war für die damalige Zeit ein sehr hoher Betrag.

Schilfdeiche. An Stellen, wo Seegras nicht in genügenden Mengen zur Verfügung stand, mußte man sich mit Schilf behelfen, das büschelweise mit den Wurzelballen nach außen in wagerechten Schichten aufgestapelt wurde. Nach einer Urkunde aus dem Jahre 1402 erlaubte Albrecht von Bayern „den guten Leuten im Hoidtwouder Bezirk, ihren Deich zwischen Winkel und Werfershove (südlich von Medemblik) aus Schilf und Soden herzustellen“. Seitdem wird der Schilfdeich häufiger erwähnt. Später ist man jedoch, besonders in Westfriesland, wieder von der Verwendung des Schilfs abgekommen. Es hatte offenbar den Nachteil, daß es sich nicht wie das Seegras unter Auflast fest ineinanderdrückte. Ferner schien es über Wasser vergänglich zu sein, so daß es nach fünf oder sechs Jahren erneuert werden mußte. Schließlich war die größte Stärke eines solchen Deiches durch die Länge der Büschel bedingt.

Lediglich im südlichen Teil der Zuidersee hat sich der Schilfdeich bis in das 18. Jahrhundert hinein gehalten, weil dort die Anfuhrkosten für Seegras sehr hoch waren. An einzelnen Stellen des Spaarndammerdeiches hat man sogar schadhafte Teile durch eine Mauer aus Natursteinen gesichert. Eine billigere Ausführung in Form von aufeinandergestapelten Dachziegeln wurde beim Waterlandschen Seedeich gewählt.

Pfahlwerk. Schon im 15. Jahrhundert erschien die Befestigung einiger, dem Seegang besonders ausgesetzter Deiche so unzureichend, daß eine ganz andere Befestigungsart erforderlich wurde. In einer Verordnung vom Jahre 1466 hat Philipp von Burgund gestattet, daß der Seedeich westlich von Medemblik auf eine Länge von 1200 Ruthen (4½ km) so schnell wie möglich „mit Holzwerk und Eisenwerk bollwerksartig befestigt werde, soweit dies erforderlich und zweckmäßig sei“. Nach der Beschreibung müssen die Pfähle 7 bis 10 m lang und 50 cm im Durchmesser gewesen, mit kleinen gegenseitigen Abständen an der Vorderseite des Seegrasdeiches eingeschlagen und durch doppelte Gordungshölzer mit eisernen Bolzen zusammengehalten worden sein.

Von einer Holzbekleidung einiger Erddeiche ist schon früher die Rede als vom Pfahlwerk. Sie wurde verwendet im Jahre 1440 beim Diemerdeich zwischen Amsterdam und Muiden und 1465 beim nördlichen Ij-Deich und beim Waterlandschen Seedeich. Hier wurde vor die Holzbekleidung eine Pfahlreihe geschlagen.

Auch vor unbefestigten Erddeichen hat man Pfahlreihen verwendet, um die Böschungen gegen den Wellenschlag zu schützen, so im 16. Jahrhundert, besonders bei den friesischen Deichen und bei verschiedenen Deichen in Nordholland.

Einfassung mit Reisigbündeln. Als die fortschreitenden Abspülungen auch die Pfahlwerke vor den am meisten angegriffenen Deichstrecken in Gefahr brachten, suchte man sie gegen Ende des 16. Jahrhunderts dadurch zu sichern, daß man zwei geschlossene Reihen von Pfählen mit einem gegenseitigen Abstand von einigen Fuß parallel zum Deich einschlug, den Zwischenraum mit Reisigbündeln ausfüllte und diese mit Steinen beschwerte.

Der Pfahlwurm. Nachdem so mit vieler Mühe, großen Sorgen und nicht minder großen geldlichen Opfern die Seedeiche im nördlichen Holland während einiger Jahrhunderte instand gehalten worden waren, erschien plötzlich mit dem Auftreten des Pfahlwurms im Jahre 1731 das ganze Polderland vom Untergang bedroht. Es ist kein Wunder, daß sich ein panischer Schrecken der Be-

völkerung bemächtigte, als bei näherer Untersuchung festgestellt wurde, daß fast sämtliche Pfähle unter der Wasserlinie nahezu durchgenagt waren. Sie brachen schon bei geringer Wellenbewegung ab. Schon im Frühjahr 1732 schienen allein bei den westfriesischen Deichen 47 km Pfahlwerk vernichtet und weitere 27 km gefährdet. Ähnlich wird es auch um die anderen Deiche bestellt gewesen sein.

Die Seegrasdeiche verloren den Halt und stürzten bei Sturm auf größere Strecken nach vorn um. Obwohl in den ersten Jahren nach Entdeckung des Uebels mehrere Stürme auftraten und verschiedene Deiche ernstlich beschädigt wurden, kam glücklicherweise nirgends ein Durchbruch vor. Der Zustand erforderte jedoch dringend Abhilfe.

Steinschüttungen. Die verantwortlichen Personen verloren nicht den Kopf und trafen schnell einige Notmaßnahmen. Inzwischen wurde im Jahre 1732 von Pieter Straat und Pieter van der Deure ein Entwurf zur Wiederherstellung und Verbesserung der Deiche aufgestellt und an den bedrohten Stellen zur Ausführung gebracht. Zur Stützung der Seegrasdeiche wurde an ihrer Außenseite eine Menge großer Steine unter der Neigung 1 : 5 gestürzt, zunächst bis zu einer Höhe von 2 bis 2½ m über dem Boden, später höher. Nachdem die Entwurfsbearbeiter noch eine Verbesserung in technischer und finanzieller Hinsicht vorgeschlagen hatten, wurden die meisten Deiche ohne Vorland an der nordholländischen Zuiderseeküste durch Steinschüttung gesichert. Die Kosten betragen 5 bis 6 Millionen Gulden ohne die Ausgaben für die Wiederherstellung weiterer Strecken in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts.

Steinpackungen. Schon bei der Steinschüttung wurden die Steine über Wasser flach und möglichst eng aneinander gelegt. Um 1755, also reichlich 20 Jahre nach dem Erscheinen des Pfahlwurms, wurde schon für den Seedeich des Polders Zeevang nördlich von Edam vorgeschrieben, daß die Zwischenräume zwischen den Steinen auszustopfen seien. So entstand die Steinpackung, die nunmehr die einzige Art der Befestigung für die Außenböschungen schar liegender Seedeiche im nördlichen Holland ist.

Daß der Pfahlwurm mit den hölzernen Schutzwerken und dadurch auch mit den Seegrasdeichen schon damals gründlich aufgeräumt hat, kann eigentlich nicht einmal als Unglück bezeichnet werden, denn seit Mitte des 18. Jahrhunderts hat der Angriff auf die Zuiderseedeiche, namentlich westlich von Medemblik und zwischen Medemblik und Enkhuizen noch erheblich zugenommen. Die alte Befestigungsart würde daher weit größere Unterhaltungskosten erfordert haben als die neue und hätte auf die Dauer doch nicht beibehalten werden können.

Zusammenfassend möge bezüglich der Deiche im nördlichen Holland noch einmal kurz hervorgehoben werden, daß die Entwicklung vom ungeschützten Erddeich zu einer Befestigung durch einen Klei-, Seegras- und Schilfdeich und schließlich durch eine Steinpackung führte. Auch in Zeeland kam man zu derselben Endform, wenn auch die Entwicklung hier einen anderen Verlauf nahm, nämlich in der Hauptsache über Strohmatte, Buschwerk ohne und Buschwerk mit Steinbewurf.

Sturmfluten. Die geschilderte Entwicklung scheint, oberflächlich betrachtet, beinahe gleichmäßig und ruhig verlaufen zu sein. In Wirklichkeit hat sie aber oftmals einen recht dramatischen Charakter getragen, der besonders während der kurzen Sturmfluten zum Ausdruck gekommen ist. Wir Städter wissen so wenig von dem, was die Bewohner der niedrigen Polderländereien durchmachen, wenn der Sturm um ihre Häuser braust und das Tosen der klatschenden Fluten zu ihnen herüberträgt, zumal wenn die Erinnerung an den letzten Deichbruch



Überschwemmungen bei der Weihnachtsflut von 1717.
Nach einer im Stadtbauamt Wilhelmshaven aufbewahrten alten Karte.

und das dabei erlittene Elend noch lebendig ist. Dann wird mit allen Kräften erbittert um die Erhaltung des Deiches gekämpft, denn Niederlage bedeutet nur zu oft gemeinschaftlichen Untergang.

Als Beispiel eines solchen dramatischen Kampfes möge die Sturmflut vom 5. November 1675 angeführt werden, die einen großen Teil von Nord- und Südholland, Utrecht, Friesland und Groningen unter Wasser setzte (vergl. auch die Karte von 1717). Ein heftiger Nordweststurm, der drei Tage anhielt, trieb den Wasserstand in der Zuidersee gewaltig in die Höhe. Der Angriff auf die Norddeiche von Westfriesland zwischen Aartswoud und Enkhuizen war sehr stark. Bei Medemblik war der Deich an verschiedenen Stellen beinahe durchgebrochen, und man befürchtete eine Wiederholung der Ereignisse bei der Allerheiligenflut von 1570, die infolge eines Durchbruchs unmittelbar östlich von Medemblik den größten Teil von Westfriesland überströmt hatte. Jetzt wurden jedoch die Deiche, wenn auch mit großer Mühe, gehalten. Aber dann geschah etwas, was man sicher nicht erwartet hatte: der Deich brach durch an einer der am meisten geschützt liegenden Stellen bei Schardam, etwa 5 km südlich von Hoorn. Binnendeichs lag das Land sehr tief, der Boden war moorig und leicht. Aus diesem schlechten Boden war auch der Deich geschüttet, da zu jener Zeit ein weiter Transport wegen der unzureichenden Geräte und hohen Kosten nicht in Frage kam. Der Deich konnte dem großen Wasserdruck nicht widerstehen und wich nach innen aus. Es entstand ein Loch von 100 m Breite und ungefähr 9 m Tiefe. Drechterland kam etwa von Hoorn bis nach Hugowaard unter Wasser. Man suchte die Ueberströmung zu beschränken durch Aufhöhung des Sommerdeichs in der Linie Wognum—Spanbroek—Venhuizen und rief durch Trommelschlag Freiwillige bei Hoorn zusammen. Aber auch dieser Deich brach an zwei Stellen durch, so daß nun auch ein großer Teil des Geländes zwischen den Vier Noorder-

koggen und Medemblik unter Wasser gesetzt wurde. Mit aller Gewalt wurde nun an dem rd. 12 km langen Zwaagdeich gearbeitet (einem Binnendeich, der zwischen Hoorn und Wervershoof südlich von Medemblik schräg durch Westfriesland verläuft und den östlichen Teil von Drechterland von den Vier Noorderkoggen trennt), um das Gebiet zwischen Hoorn und Enkhuizen vor Ueberschwemmung zu bewahren. Auch die Frauen wurden dabei zur Mitarbeit aufgerufen.

Inzwischen waren in aller Eile Vorkehrungen getroffen worden, um das Loch in dem Seedeich bei Schardam durch eine Reihe von Pfählen, die an der Außenseite eingeschlagen wurden, zu schließen. Aber 10 Tage nach der ersten Sturmflut kam eine zweite, die noch etwas höher stieg als die erste. Sie fegte das bereits gut fortgeschrittene Dichtungswerk vollständig hinweg und setzte auch die höher gelegenen Teile und damit das ganze Gebiet der Vier Noorderkoggen unter Wasser. Der mittlere, 24 Dörfer umfassende Teil von Westfriesland war eine Wasserfläche von rd. 18 000 ha geworden. Dagegen blieben der westliche und der durch den inzwischen aufgehöhten Zwaagdeich geschützte östliche Teil noch trocken. Der anfangs mißglückte Versuch, den Seedeich bei Schardam zu schließen, wurde nach der zweiten Sturmflut vom 15/17. November unverdrossen wieder aufgenommen, diesmal mit einem Notdamm aus zwei Pfahlreihen. Das Werk war nahezu vollendet, als am 5. Dezember eine dritte Sturmflut wieder alles forträumte und zwei Löcher in den Deich riß von ungefähr 15 m Tiefe und 20 bzw. 50 m Breite. In dem noch überschwemmten Gebiet stieg der Wasserspiegel um 30 bis 40 cm. Dem höheren Wasserstand, besonders aber dem starken Wellenschlag infolge des anhaltenden Sturmes war nun auch der Zwaagdeich nicht gewachsen; er brach am 6. Dezember auf eine Länge von ungefähr 60 m durch. Nun griff die Bestürzung auch über auf die Bewohner des westlichen Teiles des Geestmerbezirks und der Schager- und Nidorpkerkoggen, die sich anfangs sicher gefühlt hatten. Ein Heer von 4800 Arbeitern wurde in drei Tagen zusammengebracht. Der Binnendeich wurde auf eine Länge von rd. 14 km um etwa 1 m bei einer Kronenbreite von ungefähr 2,50 m erhöht. Die Arbeit wurde in der kurzen Zeit von zwei Wochen vollbracht, so daß der Deich gesichert war, als am 19. November ein neuer Sturm losbrach. Diesem fiel jedoch der Zwaagdeich zum zweiten Male zum Opfer. Nun stand außer dem mittleren auch der ganze östliche Teil von Westfriesland in einer Größe von 30 000 ha unter Wasser. Die Schließung des Seedeichs bei Schardam wurde nun mit doppeltem Notdamm, also mit drei Pfahlreihen, vorgenommen und war am 25. Januar 1676, d. h. 7 Wochen nach der dritten Sturmflut beendet.

Die soeben geschilderte Episode ist nur eine von vielen aus dem jahrhundertlangen Kampf. Eine so häufige Folge von Rückschlägen wie hier ist jedoch selten vorgekommen; selten ist aber auch mit soviel Ausdauer und soviel Schneid der Feind abgewehrt oder nach seinem Eindringen wieder aus dem Lande vertrieben worden.

Die alten Sturmflutchroniken stellen eine eintönige Litanei dar. So ist Waterland im Verlaufe von reichlich einem Jahrhundert, zwischen 1570 (Allerheiligenflut) und 1675 nicht weniger als fünfmal, also durchschnittlich alle 17 bis 18 Jahre einmal vollkommen überschwemmt worden. Nach 1675 hat der Waterlandsche Seedeich bis zu Anfang des 19. Jahrhunderts, man kann beinahe sagen, jede nur vorkommende Gelegenheit einer großen Sturmflut wahrgenommen, um zu unterliegen. Nach 1825 ist jedoch nur noch einmal, im Jahre 1916, ein Durchbruch vorgekommen. Dieser gab die Veranlassung zu einer gründlichen, große Kosten erfordernden Verbesserung der Seedeiche in Nordholland.

Den durch die Sturmfluten und Deichbrüche entstandenen Schaden zahlenmäßig anzugeben, ist nicht möglich. Jedenfalls dürfte in manchen Poldern der Boden fünffach erkaufte sein.

Die Ursachen der Deichbrüche. Die Niederlagen der Menschen im Kampf gegen die See sind teils zweifellos auf unüberwindliche Uebermacht, teils auch auf die damals noch unzureichende Erfahrung im Deichbau zurückzuführen. In den meisten Fällen war eine zu geringe Kronenhöhe die Ursache der Deichbrüche; denn bei Sturmflut schlugen die Wellen über die Krone hinweg und beschädigten die Innenböschung.

Der vorstehend geschilderte Durchbruch bei Schardam und der gleichfalls im Jahre 1675 erfolgte Durchbruch des Spaarndammerdeiches westlich von Amsterdam waren bedingt durch den leichten, moorigen Boden des Deichkörpers. Als sich das Unglück bei den Sturmfluten von 1702 und 1717 am Spaarndammerdeich zu wiederholen drohte, wurden an den besonders gefährdeten Stellen leere Kähne auf den Deich geschleppt und dann mit Wasser gefüllt, um den Deich durch die Belastung widerstandsfähiger zu machen. Derselbe Deich soll nach langer Trockenheit auch einmal in Brand geraten sein. Dabei soll das schwelende Feuer tagelang angehalten haben.

Viele Deiche waren aus ungeeignetem Boden hergestellt. Das geht auch aus einer Verordnung des Erzherzogs Maximilian von Oesterreich aus dem Jahre 1510 bezüglich der Unterhaltung des Seedeichs der Vier Noorderkoggen hervor:

„Von jetzt an soll weder Stroh, Heu, altes Dachstroh, leichte Schilfsoden noch Muschelerde oder sonstiger schlechter Boden auf den Deich gebracht werden, abgesehen von äußerster Not bei Sturm oder Einbruch der See.“

Auf der Krone des Waterlandschen Seedeichs wurde im 18. Jahrhundert ein Schuttweg angelegt, der von Zeit zu Zeit aufgehöhht werden mußte, da der Deich in den weichen Untergrund einsank. Auf diese Weise war im Laufe eines Jahrhunderts ein Schuttkern entstanden, der an manchen Stellen 5 bis 4 m und teilweise noch tiefer in den Deich hineinreichte. Dieser Schutt hat zu den schweren Beschädigungen und Durchbrüchen im Jahre 1916 beigetragen.

Die Unterhaltung der Deiche. Die Unterhaltungspflicht war ein schwacher Punkt des Deichwesens. Die Unterhaltungspflichtigen waren bestrebt, die Arbeiten so billig wie möglich auszuführen, und verwendeten, um weite Transporte zu vermeiden, oft den in der Nähe vorhandenen Boden, wenn er auch wenig geeignet war*).

So lange die Deiche im Mittelalter nur aus Erde bestanden, war es zweckmäßig, jedem Grundbesitzer ein gewisses Stück zur Unterhaltung zuzuweisen. Als jedoch im Laufe der Jahre die Deiche mit Seegras und schon im 15. Jahrhundert mit Pfahlwerk befestigt werden mußten, war diese Regelung nicht mehr am Platze. Nun wurde,

*) Auch bei den schleswig-holsteinischen Deichen war es üblich, die Erde nahebei aus dem Vorland oder binnendeichs zu entnehmen. Vergl. Jahrg. 1928 d. Bl., S. 150, Jacoby: „Zur Berechnung der schleswig-holsteinischen Deiche um 1700 nach Arbeitsleistung.“ Die Schriftleitung.

abgesehen von geringen Ausnahmen, die Unterhaltung der Außenwerke zu Lasten des ganzen Landes vorgenommen, während der dahinter gelegene eigentliche Erddeich in der Unterhaltung der einzelnen Besitzer verblieb. Schon gegen Ende des 15. Jahrhunderts wurde bezüglich der Unterhaltung des Seedeichs der Vier Noorderkoggen verboten, daß jeder für sich arbeitete. Die Ausbesserungen sollten vielmehr unter Leitung eines Deichmeisters für jedes Dorf gemeinschaftlich im Tagelohn ausgeführt werden. So wurde die Unterhaltung immer mehr zentralisiert. Im Laufe des 17. Jahrhunderts ging sie nahezu bei allen Seedeichen auf die öffentliche Verwaltung über. Diese Regelung war von außerordentlich großer Bedeutung für die Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit der Deiche. In jedem Jahr sind einige Millionen Gulden für die Unterhaltung erforderlich: der goldene Ring ist kostbar, aber auch kostspielig.

Die kulturelle Bedeutung des Kampfes mit dem Meere. Ein Rückblick auf die Entwicklung der Deiche zeigt, wie der Mensch anfangs dem feindlichen Element ohnmächtig gegenübersteht und der Uebermacht weichen muß; wie dann aber sein technisches Können allmählich wächst, sogar schneller wächst als die Angriffskraft des Feindes. Sobald der Mensch genügendes Vertrauen zu seinem Können gewonnen hat, ist er in der Lage, nicht nur mit Erfolg Widerstand zu leisten, sondern auch den Feind zurückzuschlagen und in wenigen Jahren zurückzuerobern, was im Laufe von Jahrhunderten verlorenging.

Diese Entwicklung ist von entscheidendem Einfluß auf den Charakter der Küstenbevölkerung gewesen. Die zähe Ausdauer und der feste, oft bis zum Eigensinn gesteigerte Wille, sich durchzusetzen, sind darauf zurückzuführen. Die Küstenbewohner wollen von der Scholle, die ihre Vorfahren erorbert und um die sie selbst so oft erbittert gekämpft haben, um keinen Preis weichen.

In diesem Gebiet, wo die Deiche gemeinsam hergestellt, bei Sturm Schulter an Schulter verteidigt und in ruhigen Zeiten gemeinsam unterhalten wurden, wo für jeden gleiche Pflicht, gleiche Verantwortlichkeit und gleiches Recht gelten, konnte auch im Mittelalter das Lehnwesen sich nicht einbürgern.

Es ist seltsam, daß dieser heldenhafte Kampf so wenig Niederschlag gefunden hat in der Dichtkunst und der sonstigen schönen Literatur. Unter den wenigen Schriftstellern, die davon zu größerem Schaffen angeregt wurden, ist in erster Linie der Engländer Oliver Goldsmith zu nennen. Auch Goethe hat diesen Stoff gelegentlich verwertet, u. a. im zweiten Teil des Faust. Mit den Worten des sterbenden Faust möge diese Betrachtung über den Kampf gegen den Erbfeind geschlossen werden:

Im Innern hier ein paradiesisch Land,
Da rase draußen Flut bis auf zum Rand,
Und wie sie nascht, gewaltsam einzuschließen,
Gemeindrang eilt, die Lücke zu verschließen.
Ja! Diesem Sinne bin ich ganz ergeben,
Das ist der Weisheit letzter Schluß:
Nur der verdient sich Freiheit wie das Leben,
Der täglich sie erobern muß.