

Das Gilead-Agro-Drip-System — eine Weiterentwicklung auf dem Gebiet der Tröpfchenbewässerung

**The Gilead-Agro-Drip-System — a further development in the field of drip
irrigation**

Von Gideon Gilead*)

1. Einleitung

Anfang der 60er Jahre entdeckte man besonders in Israel die großen Vorteile der Tropfbewässerung, welche vor allen Dingen in der Ertragssteigerung, der Wasserersparnis und der Qualitätsverbesserung lagen. Folgerichtig wurden eine ganze Reihe von Entwicklungen auf diesem Gebiet vorgenommen.

Die Entwicklung ging in zwei Richtungen. In der landwirtschaftlichen Forschung galt es festzustellen, warum man mit weniger Wasser höhere Erträge erzielen kann. Das führte zu neuen Erkenntnissen auf dem Gebiet der Pflanzenphysiologie und der Anbautechnik.

Im Bereich der technischen Entwicklung von Tropfsystemen, kam es darauf an, zu möglichst funktionstüchtigen Methoden zu gelangen. Dabei war vor allem die Entwicklung einer sogen. Kopfeinheit, bestehend aus Wassermengenregler, Düngemittelzufuhr, Filtersystem und die teilweise oder volle Automatisierung von Bedeutung; ferner die Entwicklung der Tröpfler mit den Zielrichtungen: Funktionszuverlässigkeit, Einfachheit und Kostensenkung.

Innerhalb der letzten 15 Jahre wurden diese Ziele speziell in Israel, Kalifornien und Australien verfolgt. Inzwischen stehen vorwiegend aus den genannten Ländern verschiedene Systeme zur Verfügung, an deren Verbesserung laufend gearbeitet wird.

2. Problemstellung

Um eine Fläche mittels Tropfbewässerung zu bewässern, braucht man Tröpfler und ein mehr oder weniger dichtes Schlauchnetz, welches das

*) Ing. Gideon Gilead, Consulting Engineer, Jerusalem, Israel. Erfinder des Gilead-Agro-Drip (G.A.D.)-Systems.

Anschrift: P.O.Box 26025, Jerusalem, Israel

Wasser den Tröpfeln zuführt. Ein Beispiel für die Menge an Schlauchmaterial und Tröpfeln, die pro ha notwendig sind, ist in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1: Materialaufwand für Tropfanlagen

Kultur	Reihen- entfernung m	Entfernung zwischen Rohrsträngen m	opt. Entferng. zw. Tröpfeln i. Strang cm	Strang- länge m/ha	Tröpfler St./ha
Obst	6,00	6,00	0,80**	3333*	2083
Spalierobst	3,50	3,50	0,80	2857	3571
Wein	3,00	3,00	0,80	3333	4166
Tomaten	1,75	1,75	0,80	5714	7142
Baumwolle	1,00	2,00	0,80	5000	6250
Zwiebeln Erdbeeren Blumen	0,33	0,66	0,33	15152	45456

*) Stranglänge doppelt, da man für jeden Baum Strang plus Schleife benötigt.

***) nur für die Schleife.

Tabelle 1 veranschaulicht, welche enormen Mengen an Schlauchmaterial und Tröpfeln für verschiedene Kulturen notwendig sind. Dieser große Materialbedarf und die damit verbundenen Kosten erzwangen bei der Entwicklung der Tropfsysteme die Beachtung der nachfolgenden Punkte:

- a) Minimaler Schlauchdurchmesser, um das System überhaupt auf großen Flächen ökonomisch zur Anwendung bringen zu können,
- b) minimaler Wasseraustritt pro Meter Schlauchlänge, um bei geringen Schlauchdurchmessern einen geringen Druckverlust bei möglichst großen Schlauchlängen zu erreichen;
- c) maximaler Querschnitt des Wasserdurchlaufes der Tröpfler, um Verstopfungen zu vermeiden. Die periodische Kontrolle oder Reinigung der Tröpfler ist bei den in der Tabelle 1 aufgezeichneten Stückzahlen unrentabel und praktisch unmöglich;
- d) Herstellung dauerhafter Verbindungen der Tröpfler zum Schlauch um Leckstellen oder Herauslösen der Tröpfler bei mechanischer Beanspruchung, wie sie etwa bei Auf- und Abrollen entsteht, zu vermeiden. Diese Beanspruchungen entstehen auch bei Druckstößen und bei Temperaturschwankungen (80° C bei leerem Schlauch in der Sonne bis unter 0° C im Winter).

3. Grundarten der Tropfsysteme

Die Möglichkeiten, Pflanzen zu betropfen, reichen von der Pipette (Handbetrieb) bis zur jüngsten Entwicklung auf diesem Gebiet, dem GILEAD-

AGRO-DRIP (G.A.D.)-System. Im wesentlichen gibt es drei verschiedene Typen von Tröpfeln.

Der Mikroschlauch mit geringem Querschnitt, der in einen Schlauch (Tropfleitung) eingeführt ist. Wasserdruck, Querschnitt und Länge des Mikroschlauches bestimmen die Tropfmenge. Um den Wirrwarr von „Spaghett“-Röhrchen (Mikroschläuchen) auf dem Feld zu vermeiden, wurden die Mikroschläuche auch spiralförmig um den Schlauch der Tropfleitung gewickelt. Dieses Prinzip des Mikroschlauch-Systems wird auch in der Art eines schraubenförmigen Kanälchens eingebaut, welche auf dem Wassertransportschlauch oder zwischen den Schlauchstücken angeordnet sind. Das nachfolgend noch zu beschreibende G.A.D.-System ist eine Weiterentwicklung, bei dem dieses „Kanälchen“ in die Schlauchwand eingebaut ist.

Der zweite Tröpfertyp ist die Düse. Der Wasserdruck und der Öffnungsquerschnitt der Düse bestimmen die Tropfmenge. Es werden viele Arten von düsenförmigen Tröpfeln hergestellt, die auch verhältnismäßig billig im Handel zu erhalten sind. Nachteilig bei diesen Düsen ist der kleine Querschnitt bei verhältnismäßig großem Wasseraustritt, was leicht zu Verstopfungen führt und herstellungsbedingte Schwankungen der Öffnungsgröße führen schon zu großen Unterschieden in der Tropfmenge. Auch perforierte Rohre können dieser Kategorie der Tröpfler im erweiterten Sinne zugeordnet werden.





Der dritte Tröpfertyp sind poröse Rohre. Dabei handelt es sich um geschäumte Kunststoffrohre, deren Wandfläche wasserdurchlässig ist. Die Porengrößen zwischen $0,5 - 4,0 \mu$ entsprechen in der Wirkung einem Mikrofilter. Da es keine totale Filterung geben kann mit kleineren Poren als oben angegeben, sind diese Rohre sehr kurzlebig und manchmal schon nach kurzer Zeit völlig verstopft.

Es gibt noch komplizierte Tropfspender mit Federn, Membranen, Kugeln und anderem, die jedoch wegen der mechanischen Anfälligkeit, hohen Verschleißes und entsprechend hohen Preisen nur untergeordnete Bedeutung haben. Die graphische Darstellung Abb. 1 erläutert die Querschnittsverhältnisse der verschiedenen Tröpfertypen.

4. Das GILEAD-AGRO-DRIP (G.A.D.)-System

Das G.A.D.-System beruht auf einem Rohr, das in der Rohrwand einen Langwegkanal für die Tropfmengensteuerung enthält. Dieser Kanal ist schraubenlinienförmig in die Rohrwand eingebaut und hat in bestimmten Entfernungen (a) Eintrittsöffnungen (A) vom Rohrrinnern in den Kanal und in bestimmten Entfernungen (b) Austrittsöffnungen (B) aus diesem Kanal ins Freie. Die Rohrkonstruktion nach Art der Zellenbauweise gestattet einen Arbeitsdruck von 3–4 bar, wobei der Berstdruck zwischen 10–15 bar liegt.

Abbildung 1: Wasserdurchlauf-Querschnitt verschiedener Tröpfertypen
(Maßstab 1,5 : 1)

				
System	G. A. D.	Schraubengewinde-Tropfenspender	Düse	poröses Rohr
Querschnitt in mm ²	1,6 – 2,0	0,6—0,8	0,2 – 0,5	$1,2^{10^{-5}} - 8^{10^{-7}}$
Tropfmenge	0,5 – 20 l/h/m	2—8 l/h/Stück	6 – 12 l/h/St.	2 – 20 l/h/m

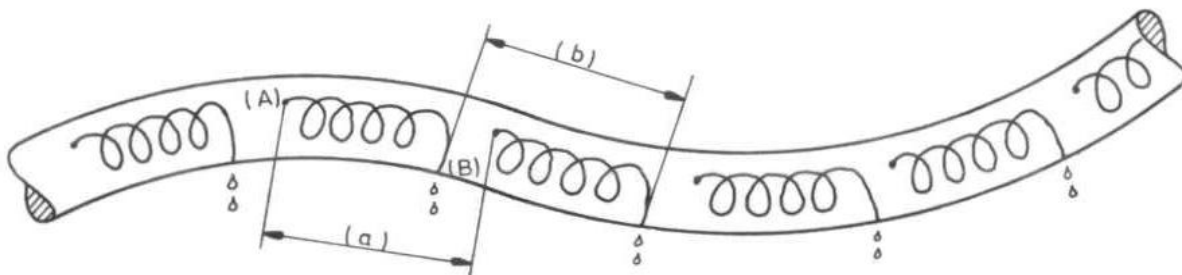


Abbildung 2: Schematische Darstellung des G.A.D.-Tropfrohes

Tabelle 2 zeigt die fast unbeschränkten Anwendungsmöglichkeiten des G.A.D.-Systemes. Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß die Bewässerungsintensität von 0,2 mm/h bis auf 50 mm/h über Druck, Tropfstellenentfernung und Strangabstand bei gleichbleibendem Kanalquerschnitt gesteuert werden kann. Die optimalen Rohrlängen des 20 mm G.A.D.-Rohres erhöhen die Anpassungsfähigkeit bedeutend. Bei Tropfabständen von 80 cm und einem zulässigen Druckverlust von 10% und 1% Gefälle kann das 20-mm-Rohr bis zu einer Länge von 230 m benutzt werden.

5. Vor- und Nachteile des G.A.D.-Systems

Mit dem G.A.D.-Rohr wurde ein bedeutender Durchbruch in der Tropfbewässerung erreicht. Die Aufführung nachstehender Vorteile dieses Systems erklären die Behebung eines großen Teils der herkömmlichen Nachteile und Beschränkungen von Tropfsystemen.

5.1. Vorteile des G.A.D.-Systems

Der verhältnismäßig große Querschnitt des Wasserdurchflußkanals verringert die Verstopfungsgefahr und erlaubt die Benutzung von Filtern mit doppelter bis dreifacher Lochgröße als bisher, was zur erheblichen Reduzierung des Arbeitsaufwandes für die Filtersäuberung führt. In Feldversuchen mit Wasser schlechtester Qualität konnte dies in Israel nachgewiesen werden.

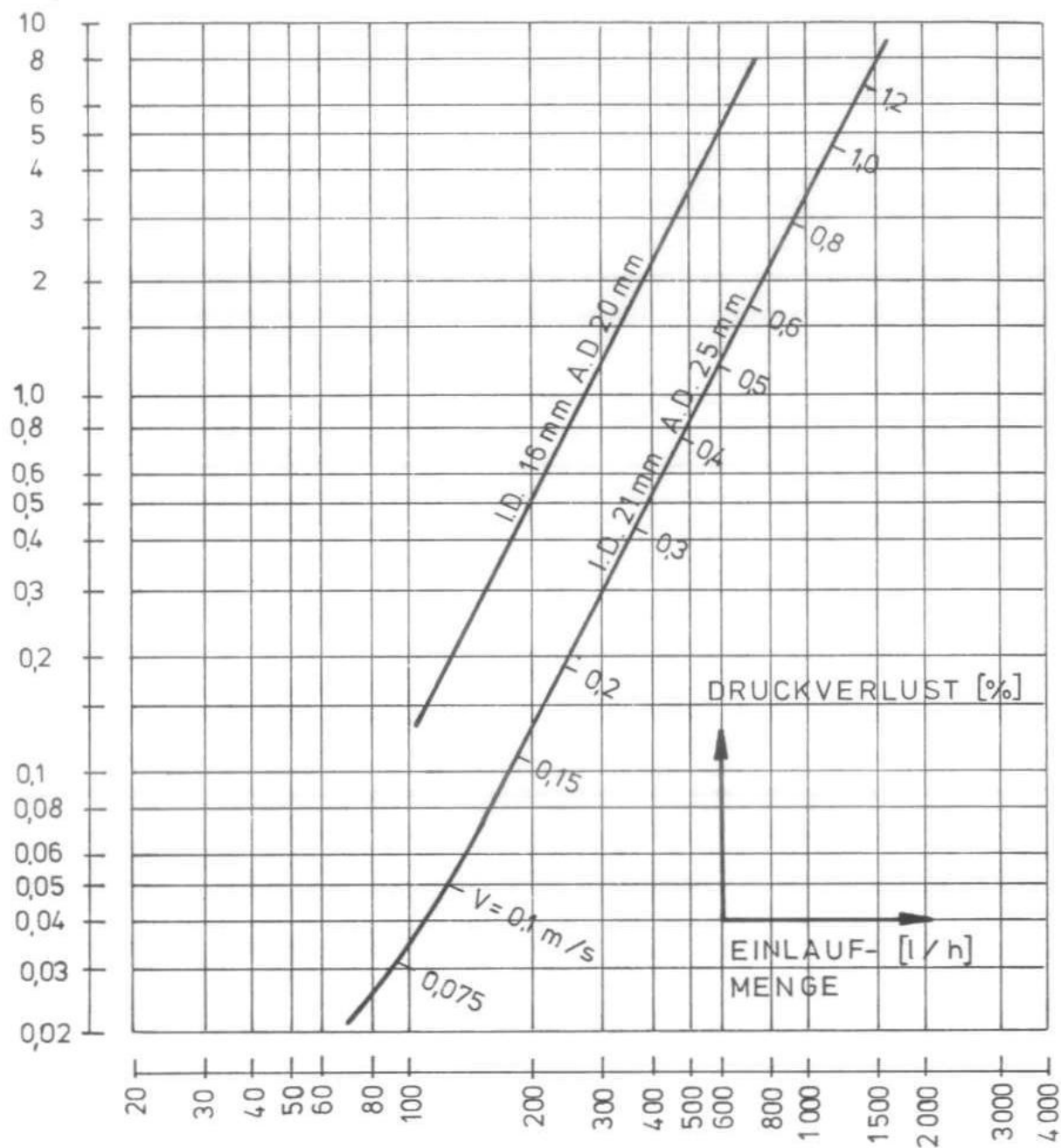


Abbildung 3: Druckverlust im AGRO-DRIP-ROHR

Tabelle 2: Hilfstabelle zur Planung von G. D. A. Tropfanlagen (G. D. A. Rohr \varnothing 20 mm)

Tropf- stellen- Abstand	Tropf- menge pro Tropf- stelle	Tropf- menge pro Längen- Einheit	Opt. Länge bei 10% Druckver- lust+0 % Gefälle	Opt. Länge bei 10% Druckver- lust+1 % Gefälle	Bewässerungs-Intensität in mm/h bei Strangabstand von:									
					0,33 m	0,50 m	0,66 m	0,75 m	1,0 m	2,0 m	3,0 m	4,0 m	5,0 m	6,0 m
cm	L/h	L/h u. m	m	m	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h	mm/h
82,2	0,98	1,19	138	230	3,57	2,38	1,78	1,59	1,19	0,59	0,40	0,30	0,24	0,20
65,9	1,16	1,76	107	175	5,28	3,52	2,64	2,35	1,76	0,88	0,59	0,44	0,35	0,29
98,7	2,04	2,07	96	151	6,21	4,14	3,10	2,76	2,07	1,03	0,69	0,52	0,41	0,34
109,6	2,39	2,18	92	145	6,54	4,36	3,27	2,91	2,18	1,09	0,73	0,54	0,44	0,36
54,9	1,35	2,46	85	130	7,38	4,92	3,69	3,28	2,46	1,23	0,82	0,61	0,49	0,41
82,2	2,39	2,91	76	112	8,73	5,82	4,36	3,88	2,91	1,45	0,97	0,73	0,58	0,48
65,8	2,04	3,10	73	106	9,30	6,20	4,65	4,13	3,10	1,55	1,03	0,77	0,62	0,52
54,8	2,39	4,36	58	80	13,08	8,72	6,54	5,81	4,36	2,18	1,45	1,09	0,87	0,73
32,9	2,04	6,20	46	60	18,60	12,40	9,30	8,27	6,20	3,10	2,07	1,55	1,24	1,03
27,4	2,39	8,72	37	45	26,16	17,44	13,08	11,63	8,72	4,36	2,91	2,18	1,74	1,45
82,2	1,52	1,85	130	183	5,55	3,70	2,77	2,47	1,85	0,92	0,62	0,46	0,37	0,31
65,9	1,85	2,80	99	129	8,40	5,60	4,20	3,73	2,80	1,40	0,93	0,70	0,56	0,47
98,7	3,35	3,39	87	111	10,17	6,78	5,08	4,52	3,39	1,69	1,13	0,85	0,68	0,56
109,6	3,93	3,59	83	106	10,77	7,18	5,38	4,79	3,59	1,79	1,20	0,90	0,72	0,60
54,9	2,18	3,97	78	98	11,91	7,94	5,95	5,29	3,97	1,98	1,32	0,99	0,79	0,66
82,2	3,93	4,78	69	84	14,34	9,56	7,17	6,37	4,78	2,39	1,59	1,19	0,96	0,80
65,8	3,35	5,09	66	80	15,27	10,18	7,63	6,79	5,09	2,54	1,70	1,27	1,02	0,85
54,8	3,93	7,17	53	62	21,51	14,34	10,75	9,56	7,17	3,58	2,39	1,79	1,43	1,19
32,9	3,35	10,18	42	47	30,54	20,36	15,27	13,57	10,18	5,09	3,39	2,54	2,04	1,70
27,4	3,93	14,34	33	37	43,02	28,68	21,51	19,12	14,34	7,17	4,78	3,58	2,87	2,39
82,2	2,11	2,56	120	150	7,68	5,12	3,84	3,41	2,56	1,28	0,85	0,64	0,51	0,43
65,9	2,55	3,86	91	109	11,58	7,72	5,79	5,15	3,86	1,93	1,29	0,96	0,77	0,64
98,7	4,47	4,53	82	96	13,59	9,06	6,79	6,04	4,53	2,26	1,51	1,13	0,91	0,75
109,6	5,25	4,79	79	92	14,37	9,58	7,18	6,39	4,79	2,39	1,60	1,20	0,96	0,80
54,9	2,95	5,37	73	85	16,11	10,74	8,05	7,16	5,37	2,68	1,79	1,34	1,07	0,89
82,2	5,25	6,39	65	74	19,17	12,78	9,58	8,52	6,39	3,19	2,13	1,60	1,28	1,06
65,8	4,47	6,79	62	71	20,37	13,53	10,18	9,05	6,79	3,39	2,26	1,70	1,36	1,13
54,8	5,25	9,58	50	55	28,74	19,16	14,37	12,77	9,58	4,79	3,19	2,39	1,92	1,60
32,9	4,47	13,60	39	43	40,80	27,20	20,40	18,13	13,60	6,80	4,53	3,40	2,72	2,27
27,4	5,25	19,15	31	33	57,45	38,30	28,72	25,53	19,15	9,57	6,38	4,79	3,83	3,19

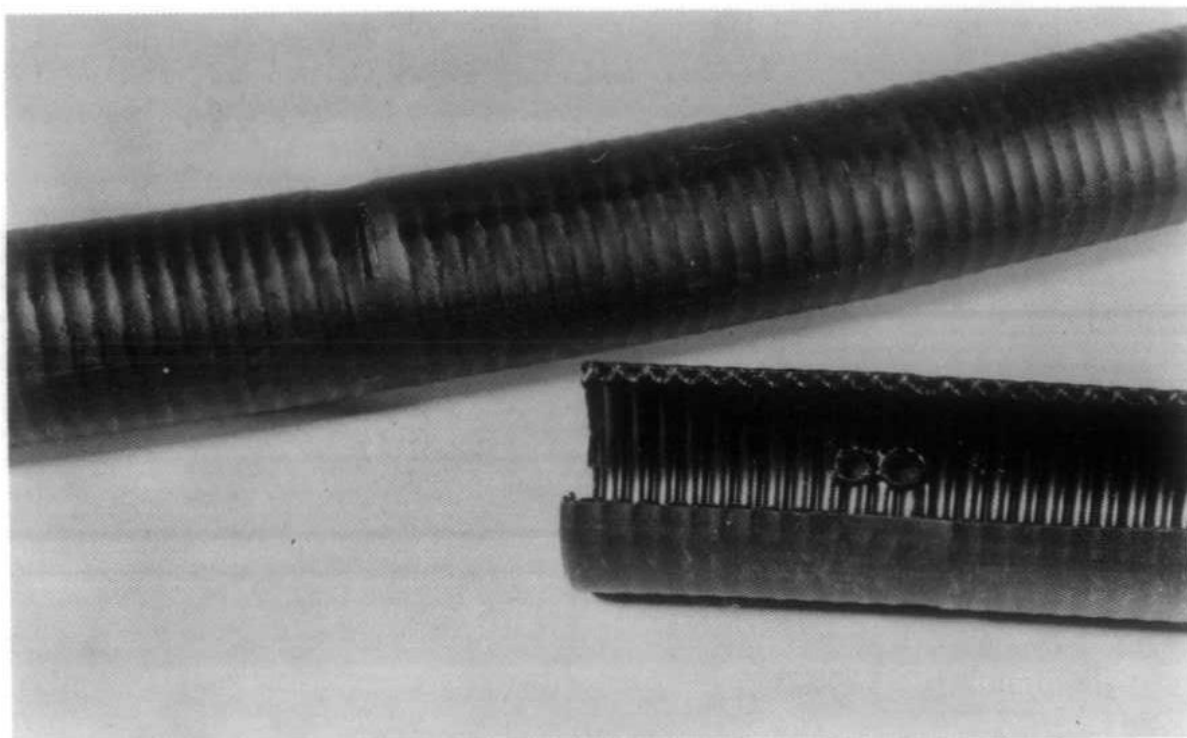


Abbildung 4: G.A.D.-Rohr in Nahaufnahme (Werkfoto BASF).

Die Einheitlichkeit der Tropfmenge pro Tropfstelle liegt bei $\pm 2,5\%$, was zu einer fast absolut genauen Verteilung führt.

Tabelle 3: Prüfergebnisse der Gleichmäßigkeit der Tropfmenge bei einem 25 mm AGRO-DRIP-Rohr

Abmessungen des AGRO-DRIP-Rohres:

Innendurchmesser:	ca. 21 mm
Länge:	ca. 29 m
Tropfeinheiten:	ca. 45 Stück
Abstand zwischen den Einheiten:	ca. 64 cm

Prüfbedingungen:	
Wassertemperatur	$17,8 \leq T \text{ } ^\circ\text{C} \leq 18,2$
Wasserdruck:	$12,23 \leq h \text{ m WS} \leq 12,32$

Meßergebnisse:	
Mittlere Tropfmenge je Einheit	1,663 l/h
Standardabweichung	0,023 l/h

Danach liefern 95 von 100 Tropfstellen zu erwartende Tropfmengen zwischen 1,617 und 1,709 l/h, d. h. im Bereich von $\pm 2,77\%$ bezogen auf den Mittelwert.

Beobachtete Abweichungen vom Mittelwert	Minimum	— 2,6%
	Maximum	+ 2,8%

Einzelmessungen in l/h:

1—1,66	13—1,68	25—1,71	37—1,70
2—1,66	14—1,68	26—1,67	38—1,67
3—1,64	15—1,63	27—1,65	39—1,63
4—1,64	16—1,65	28—1,67	40—1,64
5—1,67	17—1,68	29—1,68	41—1,71
6—1,67	18—1,68	30—1,68	42—1,68
7—1,62	19—1,63	31—1,63	43—1,63
8—1,67	20—1,65	32—1,66	44—1,67
9—1,68	21—1,67	33—1,69	45—1,67
10—1,68	22—1,67	34—1,69	
11—1,62	23—1,65	35—1,63	
12—1,65	24—1,67	36—1,66	

Feststellung des Berstdruckes bei Lufttemperatur von 20 °C:
Berstdruck > 9 atü

Quelle: Prüfbericht des Prüfamts für Hydraulik und Gewässerkunde,
Technische Universität München 75/53/2a — 4775

Das G.A.D.-System ermöglicht ganz geringe Tropfmengen – weniger als 1,0 l/h pro Tropfstelle – bei gleichbleibendem Querschnitt.

Undichte Stellen und Leckanfälligkeit entfallen, weil die Tröpfler weder auf noch in dem Rohr angebracht sind und das Rohr einheitlich und homogen von Anfang bis Ende ist. Das System ermöglicht es, ein Rohr mit eingebauten geschlossenen Tropfstellen ab Fabrik zu beziehen und diese erst später entsprechend der Pflanzenentwicklung zu öffnen. Auch wird dadurch die Flexibilität des Systems erhöht, da praktisch Reserve-Tropfeinheiten zur Verfügung stehen, die man öffnen kann, falls daneben gelegene Einheiten aus irgendeinem Grund ausfallen sollten. Die Wirtschaftlichkeit dieses durchdachten einfachen Systems ist durch die geringen Tropfmengen sehr hoch. Dadurch besteht die Möglichkeit, die komplette Anlage bis zu 24 Stunden täglich in Betrieb zu halten, die Abmessungen der Zuleitungsrohre, Pumpanlagen, Wasserspeicherbecken, Wasseruhren, Ventile usw. auf ein Minimum zu reduzieren, was sowohl die Investitions- als auch die laufenden Unterhaltungskosten erheblich senkt. Der Preis des G.A.D.-Rohres entspricht fast dem Preis eines gewöhnlichen PE-Rohres gleichen Durchmessers ohne Tröpfler. Das Rohr wird aus besonders hochwertigem Polymer hergestellt und ist hinsichtlich Lebensdauer und UV-Beständigkeit allen handelsüblichen PE-Rohren gleichwertig. Die Rohre werden in Ringen von 500 m geliefert. Spezielle Abrollvorrichtungen, welche auf die 3-Punkt-Aufhängung an Schleppern abgestimmt sind, erlauben die mechanische Verlegung der Rohre.

Das G.A.D.-Rohr wird serienmäßig in der Größe 20 mm und mit Tropf-abständen von 32 und 65 cm ab Fabrik geliefert. Besondere Abstände und Tropfmengen können nach Bestellung hergestellt werden.

Weitere Anwendungsmöglichkeiten des G.A.D.-Rohres bestehen im Einsatz als Belüftungsrohre in Kläranlagen, Fischteichen etc.

5.2. Nachteile des G.A.D.-Systems

Ein herstellungsbedingter Nachteil ist der Umstand, daß die Innenwand des G.A.D.-Rohres gewellt ist. Das führt zu einem geringfügig höheren Reibungsverlust als bei einem glatten Kunststoffrohr gleichen Durchmessers. Das G.A.D.-System ist vorläufig am Steilabhang noch nicht einsetzbar. Die Entwicklung zum Einsatz des Systems in diesem Bereich steht vor dem Abschluß. Das Transportvolumen der G.A.D.-Rohre ist im Vergleich zu Tröpfeln größer, aber es entspricht durchaus dem Transportvolumen der Tropfleitungen, welche aber in den Ländern, in denen die Tropfbewässerung angewandt wird, meist lokal hergestellt werden. Bei entsprechenden Bedarfsmengen besteht jedoch die Möglichkeit, Herstellungsanlagen für G.A.D.-Rohre in den entsprechenden Ländern zu installieren.

6. Zusammenfassung

Die Tropfbewässerung war in der bisherigen Form durch die Verstopfungsanfälligkeit und andere Funktionsmängel, sowie den hohen Investitionskosten in ihrer Verbreitung eingeschränkt. Die Entwicklung des G.A.D.-Systems ermöglichte es, die meisten Mängel der Tropfbewässerung zu überwinden. Damit wurden neue und breitere Möglichkeiten der Anwendung der Tropfbewässerung und damit der Ertrags- und Qualitätssteigerung nicht nur bei Intensivkulturen gefunden.

Summary

Until today the existing drip irrigation equipment has suffered from clogging problems as well as being too expensive on certain crops.

The drip irrigation industry in the 1960's developed in two directions. Firstly, in terms of more and better knowledge of plant physiology and the basic art of agriculture. Secondly, a great push for further functional improvements of the existing equipment.

The G.A.D. system is a further development in both of the above directions. First of all, this system offers a tube with very small drip quantities per outlet; making irrigation over longer periods of time possible. The technical development consists of a homogeneous, double walled plastic tube. The double wall contains a very long, spiral water way; which gives a low water quantity at each drip outlet with extreme consistency between outlets. The large cross-section of the water way virtually eliminates any risk of clogging.

The production method of the G.A.D. tube enables making a variety of drip outlet spacing without additional cost. The relevant variable in the investment is by the G.A.D. tubes only the existing row distance of the crop.

The G.A.D. system offers the benefits of drip irrigation, higher yield and better quality, to both intensive and extensive crops.