

Bewässerungsdüngung EC-kontrolliert und -geregelt

1 Einführung

Düngung und Bewässerung können in der intensiven Produktion nicht mehr voneinander getrennt werden. Der grüne Daumen allein reicht für die bedarfsoptimierte Wasser- und Düngergabe nicht mehr aus. Mit Schnelltestmethoden kann, über die übliche Bodenprobe hinaus, jederzeit während des Kulturverlaufes das Ernährungs-niveau ermittelt werden. Mit Hilfe der elektrischen Leitfähigkeit ist es möglich, sowohl mit Handmessgeräten Salzgehalte zu messen, als auch die Düngerdosierung zu kontrollieren und zu regeln.

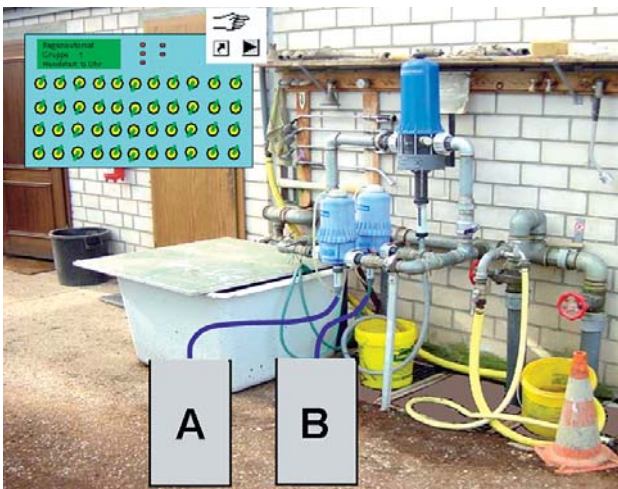


Abb. 1: Mengenproportionale Düngerdosierzentrale mit einem Volldüngerdosierer und einer A-B-Einzelnährstoffdosierstrecke mit zwei Einzeldosierern

2 Die elektrische Leitfähigkeit

Bei der Leitfähigkeitsmessung für die Bewässerungsdüngung werden die Begriffe EC oder Milli-Siemens, richtiger Milli-Siemens je Zentimeter = mS/cm benutzt. Beide Bezeichnungen sind in ihrer Wertigkeit gleichzusetzen:

$$1 \text{ mS/cm} = 1 \text{ EC}$$

Auf den Handmessgeräten, sind meist unterschiedliche Messbereiche verfügbar, um eine bessere Auflösung zu erhalten:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mS/cm} &= 1000 \text{ }\mu\text{S/cm} \\ 0,001 \text{ mS/cm} &= 1 \text{ }\mu\text{S/cm} \end{aligned}$$

Da, besonders in niederländischen Veröffentlichungen, meist vom EC-Wert gesprochen wird, ist es ratsam, die direkt vergleichbare Größenordnung mS/cm zu verwenden. Diese Zahlen können dann ohne Umrechnung gleichgesetzt werden. Eine Nachkommastelle reicht für gartenbauliche Zwecke völlig aus (z. B. 1,2 EC). Eine zweite Nachkommastelle, z. B. 1,24 mS/cm bzw. 1,24 EC, kann für Trendangaben nützlich sein.

Die Leitfähigkeit wird von der Temperatur stark beeinflusst. Je Kelvin Temperaturveränderung ändert sich die Leitfähigkeit um

ca. 2,2 %. Moderne EC-Messgeräte berücksichtigen diese physikalische Abhängigkeit, indem sie alle Messungen automatisch so umrechnen und ausgeben, als wären sie bei einer Temperatur von 25 °C (Bezugstemperatur im Medium) ermittelt worden.

Alle Salze zerfallen in wässriger Lösung (Gießwasser, Düngelösung, Stammlösung, Bodenlösung) mehr oder weniger in ihre Bestandteile. Die Ionen in gelöster Form sind in der Lage, den elektrischen Strom zu leiten. Je mehr Ionen in der Lösung sind, umso höher ist die elektrische Leitfähigkeit. Die Leitfähigkeit stellt ein Abbild des Gesamtsalzgehaltes dar. Einzelne Nährelemente lassen sich dadurch aber nicht unterscheiden. Dieser theoretische Nachteil wirkt sich in der Praxis jedoch nicht aus. Auch die etwas unterschiedliche Leitfähigkeit der Ionen untereinander ist für die Gießwassermessung nicht von Bedeutung. Mit recht guten Ergebnissen kann hier für die Bewertung des Gießwassers folgende Umrechnung benutzt werden:

$$\text{EC- bzw. mS/cm-Wert} \times 570 = \text{mg Gesamtsalzgehalt pro Liter Gießwasser}$$

Für die fertige Düngelösung (Gebrauchslösung) kann diese grobe Formel nicht angewendet werden, weil die unterschiedliche Leitfähigkeit der Dünger-Nährionen dann doch zu einem verfälschten Bild führen würde.

Um den Düngegaben die entsprechende Leitfähigkeit zuzuordnen zu können, sind Werte für unterschiedliche Dünger in einer EC-Werttabelle (Tab. 1) zusammengetragen worden. Darin sind die Gebrauchslösungen, sowie die Stammlösungswerte zu finden. Fehlende Werte sind bei den Herstellern zu erfragen. Eine ständig erweiterte Tabelle ist auch beim Autor (otto.domke@lwk.nrw.de) erhältlich. Der benutzte Dünger wird in der Tabelle herausgesucht und der EC-Wert der gewünschten Düngekonzentration dazu abgelesen. Hinzugezählt werden muss dann noch der Gießwasser-EC-Wert. Auf diesen Wert ist der Sollwert des EC-Regelgerätes einzustellen bzw. diesen Wert sollte das Hand-EC-Messgerät bei der Kontrolle anzeigen.

3 Handmessgeräte – verschiedene Einsatzbereiche

Der erste Schritt zur bedarfsgerechten Wasser- und Düngerversorgung ist die Anschaffung eines möglichst vielseitigen EC-Handmessgerätes. Leider werden immer noch Geräte ohne Nachfrage des Einsatzbereiches verkauft. Bisher wurden viele EC-Geräte hauptsächlich für Steinwoollkulturen benutzt. Diese Geräte erfüllen oft nicht die breiter gesteckten Anforderungen normaler Erd-/Substratkulturen.

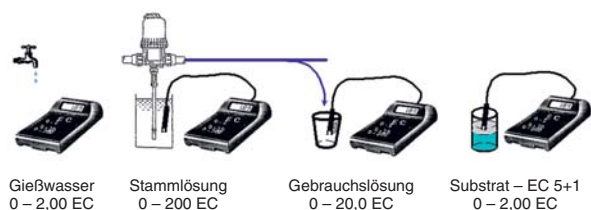


Abb. 2: EC-Handmessgeräte im Praxiseinsatz

Tab. 1: Leitfähigkeitstabelle verschiedener Düngemittel. Zum abgelesenen EC-Wert ist noch der Gießwasser-EC-Wert hinzu zu zählen. Alle Werte wurden bei einer Bezugstemperatur von 25 °C ermittelt. Die Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Angaben ohne Gewähr nach Herstellerangaben bzw. Messungen. Harnstoff besitzt keine Leitfähigkeit

Produktname	Nährstoffgehalt in %								Leitfähigkeit mS/cm = EC								
	Harn- stoff	NO ₃	NH ₄	gesamt N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Ca	in der Düngelösung = Gebrauchslösung				in der Stammlösung				
									0,5%	1,0%	1,5‰	2,0‰	1 %	5 %	10 %	20 %	flüssig
Hakaphos basis		3,0		3	15	36	4,0		0,66	1,25	1,81	2,38	10,2	41,4	75,1	126,1	
Hakaphos rot		2,6	5,4	8	12	24	4,0		0,73	1,35	1,98	2,60	11,2	46,1	84,0	139,2	
Hakaphos plus		7,7	6,3	14	6	24	3,0		0,72	1,38	2,03	2,65	12,1	51,2	94,8	160,1	
Hakaphos blau		4,0	11,0	15	10	15	2,0		0,71	1,37	1,98	2,58	12,4	51,9	95,6	161,3	
Hakaphos spezial		10,4	5,6	16	8	22	3,0		0,73	1,38	2,02	2,69	12,1	52,0	96,6	163,2	
Hakaphos ultra		10,0	8,0	18	12	18	2,4		0,70	1,31	1,93	2,54	11,8	51,0	94,3	159,5	
Hakaphos gelb		8,2	11,8	20	-	16	(1,0)		0,82	1,58	2,31	3,00	13,9	59,8	111,1	193,8	
Hakaphos grün		7,0	13,0	20	5	10	2,0		0,81	1,57	2,29	3,00	13,4	57,0	105,5	180,5	
Hakaphos eleite		13,0	11,0	24	6	12	2,0		0,76	1,48	2,12	2,79	13,0	56,7	105,6	181,5	
Kamasol grün	8,5	1,5		10	4	7			0,16	0,30	0,45	0,58	2,6	10,7	19,6	35,5	
Kamasol rot	4,0	(1,0)		5	8	10			0,18	0,35	0,52	0,68	3,4	15,0	28,2	53,8	
Kamasol blau	3,8	1,4	2,8	8	8	6			0,24	0,47	0,66	0,86	3,9	17,0	31,4	58,5	
Gabi Plus N	15,0	6,0	6,0	27					0,4	0,9	1,3	1,7	8,0	33,0	61,0	108,0	
Gabi N Super	15,0	6,0	6,0	27			1,0		0,4	0,8	1,2	1,7	8,0	33,0	61,0	108,0	
Gabi Plus P					20				0,1	0,3	0,4	0,6	2,0	10,0	18,0	31,0	
Gabi Plus K						20			0,4	0,6	0,9	1,2	6,0	26,0	48,0	89,0	
Gabi Plus Mg							8,0		0,3	0,6	0,8	1,1	5,0	21,0	39,0	69,0	
Gabi Plus SinPhos Ca	3,0			3				15	0,5	0,9	1,3	1,7	7,0	32,0	57,0	99,0	
Gabi Plus N-K	13,0			13		11			0,2	0,4	0,5	0,7	3,0	15,0	28,0	51,0	
Gabi Plus P-K					13	14			0,2	0,4	0,6	0,8	3,0	15,0	27,0	49,0	
Gabi Hydro		2,0	2,0	4	2	5	0,5		0,2	0,4	0,6	0,8	4,0	17,0	31,0	57,0	
Gabi Plus D		2,0	2,0	4	2	5	0,5		0,2	0,4	0,6	0,8	4,0	17,0	31,0	56,0	
Gabi Plus 6-12-6	5,0	1,0		6	12	6			0,2	0,4	0,5	0,7	3,0	13,0	24,0	41,0	
Gabi Plus Super	5,0	1,5	1,5	8	8	6			0,2	0,4	0,6	0,8	3,0	14,0	26,0	46,0	
Gabi Plus Standard	9,0	1,0		10	4	7			0,1	0,2	0,3	0,4	2,0	9,0	17,0	31,0	
Gabi Plus 12-8-11	11,0	1,0		12	8	11	0,5		0,2	0,4	0,5	0,7	3,0	13,0	25,0	42,0	
Gabi Plus 5	12,0	1,0		13	3	7	1,0		0,2	0,3	0,4	0,6	3,0	11,0	21,0	36,0	
Gabi Plus Z	14,0	1,0		15	4	7			0,1	0,2	0,3	0,4	2,0	9,0	17,0	30,0	
Manna LIN K weiß		8,3	6,5	15	5	25	2,0		0,8	1,5	2,3	2,9					
Manna LIN M blau		4,5	10,5	15	10	15	2,0		0,7	1,4	2,0	2,6	13,0	51,0	92,0	154,0	
Manna LIN A grün		7,0	13,0	20	5	10	2,0		0,6	1,2	1,8	2,3	14,0	54,0	96,0	163,0	
Manna LIN B rot		2,5	5,5	8	12	24	4,0		0,6	1,2	1,8	2,3	13,0	51,0	88,0	136,0	
Manna LIN NK gelb		7,6	12,6	20	0	16	1,0		0,8	1,5	2,2	2,9	14,0	53,0	96,0	166,0	
Manna LIN NP weiß		7,0	12,0	12	61	0	0,0										
Manna LIN M spez.		11,0	7,0	18	12	18	2,0		0,6	1,2	1,8	2,4	13,0	50,0	91,0	150,0	
Manna LIN F	3,1	7,5	2,4	8	8	6			0,3	0,5	0,7	0,9	4,0	16,0	28,0	50,0	
Manna LIN P		4,0	5,0	5	20	5											
Planta aktiv rot				20	5	10	2,0		0,7	1,5	2,2	2,9	13,0	54,0	94,0	163,0	
Planta aktiv NK gelb				20		16	2,0		0,6	1,1	1,5	1,9	10,0	37,0	69,0	109,0	
Planta aktiv 25 K				15	5	25	2,0		0,7	1,4	2,0	2,6	12,0	50,0	89,0	150,0	
Planta aktiv grün				15	11	15	2,0		0,7	1,4	2,0	2,7	12,0	48,0	84,0	139,0	
Planta aktiv blau spez.				15	7	25	4,0		0,8	1,5	2,3	3,0	12,0	49,0	86,0	144,0	
Wuxal normal	12,0			12	4	6			0,1	0,2	0,3	0,4	2,0	12,0	15,0	42,0	
Wuxal super	2,0	2,3	3,7	8	8	6			0,3	0,5	0,8	1,0	4,0	18,0	33,0	61,0	
Peters Excel 15-5-15 CalMag Grower	2,0	11,8	1,2	15	5	15	2,0	7	0,51	1,00	1,56	2,04	10,6	45,8	76,5	130,0	
Peters Excel 13-5-20 CalMag Finisher	1,8	11,2		13	5	20	2,0	7	0,52	1,05	1,56	2,12	10,7	46,4	80,3	131,0	
OSMOSOL 614 R 19-5-12	2,2	12,4	4,4	19	5	12	2,1	6	0,57	1,12	1,65	2,18	11,3	39,9	70,2	116,3	
OSMOSOL 215 R 13-05-25	2,0	11,0	0,0	13	5	25	3,0	3	0,52	1,03	1,51	1,98	10,4	36,5	64,1	105,8	
Excel 18-10-18 Hard Water Grow Sp	4,0	10,5	3,5	18	10	18	2,0		0,50	0,98	1,45	2,17	11,7	40,3	70,9	118,0	
Excel 10-14-26 Hard Water Finisher	3,9	9,1	1,0	14	10	26	2,0		0,50	0,95	1,41	1,95	11,1	38,0	66,6	110,0	
OSMOSOL 523 23-09-12	3,7	11,4	7,9	23	9	12	2,0		0,59	1,18	1,71	2,37	12,7	44,1	76,1	128,8	
OSMOSOL 215 12-07-31	2,8	9,2		12	7	31	4,0		0,55	1,08	1,59	2,09	11,1	37,7	65,9	108,1	
Excel 15-15-25 Extra Acidifier	6,7	8,3		15	15	25	1,0		0,44	0,82	1,21	1,85	11,7	40,3	70,9	118,0	
Universol 23-06-10 grün		11,9	11,1	23	6	10	2,7		0,74	1,44	2,13	2,89	12,8	56,3	101,0	170,0	
Universol 18-11-18 blau		10,2	7,8	18	11	18	2,5		0,66	1,28	1,95	2,58	11,6	50,7	90,0	152,0	
Universol 16-05-25 orange		10,7	5,3	16	5	25	3,4		0,69	1,35	1,99	2,73	12,0	52,6	93,2	157,0	
Universol 10-10-30 violett		7,2	2,8	10	10	30	3,3		0,63	1,23	1,92	2,49	11,1	48,2	84,9	141,0	
Universol 12-30-12 gelb		3,1	8,9	12	30	12	2,2		0,58	1,13	1,66	2,29	9,9	41,4	71,7	117,0	
Universol 04-19-35 basis		4,0	0,0	4	19	35	4,1		0,57	1,17	1,66	2,16	9,6	40,4	70,3	114,0	
Uni Hydrangea		13,0	1,0	14	0	14	3,0	11	0,57	1,15	1,70	2,23	10,1	43,7	76,3	124,0	
Peters Prof. 20-20-20 Allrounder	13,1	4,5	2,4	20	20	20	0,7		0,50	0,99	1,46	2,06	9,3	41,5	74,7	128,0	
Peters Prof. 10-52-10 Plant Starter	2,6	0,0	7,4	10	52	10	0,0		0,41	0,77	0,17	1,50	6,9	29,4	50,3	80,0	
Peters Prof. 27-15-12 Foliar Feed	20,4	3,6	3,0	27	15	12	0,0		0,30	0,60	0,90	1,20					
Peters Prof. 10-30-20 Blossom Booster	0,0	5,2	4,8	10	30	20	2,0		0,52	1,01	1,57	2,05	9,3	40,1	70,0	114,0	
Peters Prof. 6-18-36 Combi-Sol	0,0	6,0	0,0	6	18	36	3,0		0,55	1,06	1,53	2,12	9,5	40,6	71,1	117,0	
Peters Prof. 6-18-36 NoBZn Combi Sol No B No Zn	0,0	6,0	0,0	6	18	36	3,0		0,53	1,02	1,53	2,12	9,5	40,8	71,8	117,0	
Peters Prof. 09-09-36 Plant Finisher	0,0	9,0	0,0	9	9	36	3,0		0,54	1,07	1,58	2,18	9,8	42,6	74,6	123,0	
Peters Prof. 12-00-43 Potassium Booster	0,0	12,0	0,0	12	0	43	0,0		0,66	1,28	1,90	2,65	11,8	52,5	93,8	158,0	
Peters Prof. 14+00+14+11C No Phosphate Special	0,0	13,0	1,0	14	0	14	3,0	11	0,57	1,15	1,70	2,23	10,1	43,7	76,3	124,0	
Peters Prof. 15-11-29 Pot Plant Special	4,4	8,6	2,0	15	11	29			0,56	1,09	1,70	2,22	10,1	45,1	80,1	136,0	
Peters Prof. 17-07-27 Poinsettia Mix	0,0	12,0	5,0	17	7	27	2,0		0,51	1,02	1,62	2,11	9,9	44,0	78,5	133,0	
Peters Prof. 20-05-30 Potash Special	10,0	9,0	1,0	20	5	30	0,0		0,52	1,03	1,61	2,12	9,8	43,7	77,9	130,0	
Peters Prof. 20+10+20 Winter Grow Special	0,0	12,0	8,0	20	10	20	1,0		0,53	1,03	1,52	2,11	9,5	42,1	75,1	127,0	
Peters Prof. 20-10-20 No B Winter Grow No B	0,0	12,0	8,0	20	10	20	0,9		0,65	1,27	1,87	2,60	11,5	50,8	90,9	155,0	
Peters Prof. 21-07-21 Grow Mix	13,3	6,3	1,4	21	7	21	3,1		0,64	1,25	2,00	2,59	11,7	52,0	92,5	156,0	
Peters Prof. 30+10+10 Hi-Nitro	24,6	3,3	2,1	30	10	10			0,43	0,85	1,27	1,76	7,9	35,4	63,0	108,0	

Produktname	Nährstoffgehalt in %								Leitfähigkeit mS/cm = EC									
	Harn- stoff	NO ₃	NH ₄	gesamt N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Ca	in der Düngelösung = Gebrauchslösung				in der Stammlösung					
									0,5‰	1,0‰	1,5‰	2,0‰	1%	5%	10%	20%	flüssig	
Kristalon orange		4,5	1,5	6,0	12	36	3,0			0,7	1,30	1,4	1,6	10,0	41,0	75		
Kristalon rot		10,1	1,9	12,0	12	36	1,0			0,7	1,30	1,9	2,6	11,0	43,0	75	122	
Kristalon gelb		3,9	9,1	13,0	40	13				0,5	1,00	1,5	2,0	9,0	36,0	61	98	
Kristalon weißmarke		11,3	3,7	15,0	5	30	3,0			0,7	1,30	1,9	2,6	12,0	45,0	80	133	
Kristalon spezial	9,1	5,3	3,6	18,0	18	18	3,0			0,4	0,90	1,3	1,8	7,0	31,0	54	88	
Kristalon lila		1,8	17,2	19,0	6	6	2,0			0,9	1,80	2,4	3,4	13,0	52,0	93	145	
Kristalon blaumarke		11,9	7,1	19,0	6	20	3,0			0,7	1,50	2,0	2,6	12,0	49,0	85	137	
Kristalon grünmarke		9,8	8,2	18,0	18	18				0,7	1,30	1,9	2,5	11,2	47,7	86		
Kristalon azur		7,3	12,7	20,0	5	10	2,0			0,7	1,50	2,0	2,7	12,0	50,0	88	140	
Kristalon azur spezial		9,1	6,9	16,0	11	16	4,0			0,7	1,40	2,0	2,6	12,3	46,3	82		
Albatros sprint	2,9		7,1	10,0	52	10				0,4	0,80	1,2	1,6	7,0	26,0	45	71	
Albatros start		8,8	11,2	20,0	20	5	4,0			0,7	1,40	2,1	2,8	11,0	45,0	79	126	
Kristalon braun		3,0		3,0	11	38	4,0			0,7	1,30	2,0	2,5	10,0	41,0	71		
Kristalon Scarlet		7,5		7,5	12	36	4,0			0,7	1,30	1,7	2,4	10,0	42,0	76		
CiliciNit		14,4	1,1	15,5				19			1,24							
Krista-K Kaliumnitrat		13,5		13,5		46					1,35							
Ferty 1 MEGA 24+6+12 (+2)										0,8	1,5	2,2	2,8	13,0	56,0	101	174	
Ferty 2 MEGA 16+6+26 (+3,4)										0,7	1,4	2,0	2,6	12,0	50,0	91	152	
Ferty 3 MEGA 18+12+18 (+2)										0,7	1,4	2,0	2,6	12,0	49,0	88	149	
Ferty 4 MEGA 10+20+30+(2,7)										0,6	1,2	1,8	2,4	10,0	41,0	73	122	
Ferty 6 MEGA 18+8+18										0,7	1,3	1,9	2,5	11,0	46,0	84	145	
Ferty 8 MEGA 18+22 (+3,3)										0,7	1,5	2,2	2,8	13,0	53,0	95	163	
Ferty 1 Rot 20+7+10 (+2)										0,8	1,5	2,3	3,0	11,0	45,0	76	140	
Ferty 2 Blau 15+5+25 (+2)										0,7	1,4	2,1	2,7	11,0	46,0	76	151	
Ferty 3 Grün 15+10+15 (+2)										0,8	1,5	2,2	2,9	12,0	46,0	75	149	
Ferty 4 Weiß 8+16+24 (+4)										0,7	1,3	1,9	2,5	11,0	42,0	68	129	
Ferty 5 6+36+20 (+2)										0,6	1,1	1,6	2,1	9,0	35,0	60	99	
Ferty 6 10+40+10(+2)										0,6	1,1	1,6	2,1	9,0	36,0	61	100	
Ferty 7 Fe-HEDTA 9 % Fe										0,3								
Ferty 71 Fe-EDTA 13 % Fe										0,1								
Ferty 72 Fe-EDDHA 6 % Fe										0,2								
Ferty 73 Fe-DTPA 11 % Fe										0,2								
Ferty 8 Gelb 20+16 (+2)										0,8	1,6	2,4	3,1	14,0	59,0	106	183	
Ferty 9 Hydro 15+7+22 (+6)										0,7	1,3	2,0	2,6	11,0	48,0	85	140	
Ferty 10 Spurennährstoffe										0,5								
Ferty 10 spezial Spurennährstoffe										0,4								
Ferty Hortensindünger 17,5+18 (+11 CaO)										0,7	1,3	1,9	2,5	11,5	49,0	87		
FERTIPLANT Orchids 20+14+20 (+2)										0,5	1,0	1,5	2,0	9,0	37,0	66	107	
Ferty Primula 11,5+10+35 (+2)										0,7	1,3	1,9	2,5	11,0	47,0	74	143	
Ferty Basis 1 14+38 (+5)										0,6	1,2	1,8	2,3	9,5	38,0	60	91	
Ferty Basis 2 3+15+35 (+5)										0,6	1,2	1,7	2,2	9,0	37,0	58	89	
Ferty Basis 3 11+39 (+4)										0,7	1,4	2,1	2,7	10,0	38,5	68	106	
Ferty Basis 4 4+8+40 (+4)										0,6	1,4	1,9	2,6	9,5	38,0	62	110	
Ferty Basis 5 5+20+30 (+5)										0,5	1,1	1,6	2,2	9,0	36,0	60	100	
Ferty Basis 6 6+14+37 (+4)										0,5	1,2	1,7	2,3	9,5	40,0	72	120	
Ferty Basis 7 4+16+32 (+6)										0,6	1,4	1,9	2,6	10,0	42,0	74	124	
Flory 1 MEGA		13,0	11,0	24,0	6	12	2,0			0,80	1,4	2,1	2,7	12,0	52,0	166		
Flory 2 MEGA		11,0	5,0	16,0	6	26	3,4			0,70	1,3	2,0	2,6	11,0	47,0	85	146	
Flory 3 MEGA		10,0	8,0	18,0	12	18	2,0			0,70	1,3	1,9	2,5	11,0	46,0	82	142	
Flory 4 MEGA		7,4	2,6	10,0	20	30	2,7			0,60	1,1	1,7	2,2	9,0	39,0	70	118	
Flory 6 MEGA		10,0	8,0	18,0	18	18	0,0			0,60	1,2	1,8	2,4	12,0	50,0	89	149	
Flory 8 MEGA		10,4	7,6	18,0	0	22	3,3			0,70	1,4	2,1	2,7	13,0	53,0	95	163	
Flory 1 (rot)		8,5	11,5	20,0	5	10	2,0			0,80	1,5	2,2	2,9	12,0	52,0	93	160	
Flory 1 (spezial)		6,0	12,0	18,0	6	12	2,0			0,80	1,5	2,2	2,9	12,0	50,0	91	157	
Flory 2 (blau)		8,5	6,5	15,0	5	25	2,0			0,70	1,4	2,1	2,7	12,0	48,0	87	150	
Flory 2 (spezial)		10,5	5,5	16,0	9	22	4,0			0,70	1,3	2,0	2,6	11,0	46,0	83	141	
Flory 3 (grün)		4,5	10,5	15,0	10	15	2,0			0,80	1,5	2,1	2,8	12,0	48,0	86	146	
Flory 4 (weiß)		2,5	5,5	8,0	16	24	4,0			0,70	1,3	1,9	2,5	10,0	42,0	73	121	
Flory 8 (NK)		8,4	11,6	20,0	0	16	1,5			0,80	1,5	2,3	3,0	13,0	52,0	95	165	
Flory 9 (Hydro)		10,0	5,0	15,0	7	22	6,0			0,70	1,3	2,0	2,6	11,0	46,0	82	138	
Flory 10 Spuren										0,50								
Flory 7 Eisen HEEDTA										0,30								
Flory 71 Eisen EDTA										0,09								
Flory 72 Eisen EDDHA										0,20								
Flory 73 Eisen DTPA										0,20								
Flory Basis 1		0,0	0,0	0,0	14	38	5,0			0,60	1,3	1,9	2,5	10,0	40,0	71	117	
Flory Basis 2		3,0	0,0	3,0	15	35	5,0			0,60	1,2	1,7	2,3	9,5	38,0	67	110	
Flory Basis 3		2,0		2,0	11	39	4,0			0,60	1,3	1,9	2,5	10,0	42,0	74	122	
Flory Basis 4		4,0		4,0	8	40	4,0			0,60	1,3	1,9	2,6	11,0	44,0	78	128	
Flory Basis 5		4,0	1,0	5,0	20	30	5,0			0,50	1,1	1,6	2,1	9,0	36,0	63	105	
Flory Basis 6		6,0		6,0	14	37	4,0			0,50	1,2	1,7	2,2	10,0	40,0	70	117	
Flory Basis 7		0,8	3,2	4,0	16	32	6,0			0,60	1,2	1,7	2,2	10,0	37,0	65	107	
Florymonid flüssig EC/I		9,0	9,0	18,0	0	0	0,0			0,60	1,2	1,8	2,4	10,0	45,0	85	159	
Schwefels. Ammoniak				21,0						1,00	1,9	2,8	3,7	17,0	63,0	109	186	
Kalisulfat						50				0,95	1,7	2,4	3,4	14,0	54,0	97		
Monokaliumphosphat					52	34				0,50	0,8	1,2	1,6	7,0	28,0	47	78	
Kalksalpeter		14,5	1,0	15,5				19		0,60	1,1	1,6	2,1	11,0	42,0	66	103	
Alkriol		9,2	10,8	20,0		16	2,0			0,80	1,6	2,2	3,1	12,0	50,0	103	184	
Alkrisal		6,8	13,2	20,0	5	10	2,0			0,80	1,5	2,1	2,8	11,0	54,0	95	172	
Poly Crescal		3,8	10,2	14,0	10	14	2,0			0,80	1,4	2,1	2,7	9,0	46,0	85	150	
Poly Fertisal		1,0	7,0	8,0	14	18	4,0			0,80	1,4	2,0	2,6	9,0	40,0	73	122	

Hand-EC-Messgeräte lassen sich in unterschiedlichen Bereichen einsetzen (vgl. Abb. 2):

- Bestimmung des Gießwassersalzgehaltes
- Bestimmung des Nährstoffniveaus im Substrat (5+1-Substrat-EC-Test; siehe Abb. 3)
- Kontrolle der Düngelösung in der Bewässerung (Gebrauchskonzentration)
- Stammlösungskontrolle.

Messgeräteauswahl

Anbietervergleiche haben gezeigt, dass Geräte, die allen Anforderungen gerecht werden, nicht teurer sein müssen als Geräte mit eingeschränkten Möglichkeiten. Folgendes sollte mindestens enthalten sein:

- drei Messbereiche: 0,00 – 1,99 EC, 0,00 – 19,99 EC und 0 – 199 EC
- „wasserdichte“ Messsonde = Kabel untertauchfähig
- Messbecher für den 5+1-Substrat-EC-Test
- kleine Bauform der Messsonde, passend für den Messbecher
- gartenbaugerechte Bedienungsanleitung.

Besonders der hohe Messbereich bis 200 EC wird von vielen Messgeräten nicht erfasst. Eine „Kalibriermöglichkeit“ deutet bei EC-Messgeräten eher auf mindere Qualität hin.

EC-kontrollierte Bewässerungsdüngung

Bevor die Düngekonzentration für die Dosiereinrichtung eingestellt werden kann, muss ermittelt werden, welcher Bedarf vorliegt. Dies darf heute nicht mehr nach einem starren Schema erfolgen, sondern muss pflanzenbedarfsgerecht bestimmt werden. Im Falle der Bewässerungsdüngung sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

1. Wasseranalyse (z. B. durch die LUFA)
2. Salzverträglichkeit der Kultur bestimmen
3. Auswahl des geeigneten Düngers
4. Substrat-EC-Schnelltest (Istwert im Substrat)
5. mögliche Nährstoffgabe/Düngermenge
6. Vollanalyse von Substraten und Erden

Eine jährliche Wasseranalyse ist Grundvoraussetzung für die richtige Bewässerungsdüngung. Aufgrund der Analyse kann kulturabhängig die Nährstoffzusammensetzung bestimmt werden. So sollten z. B. hohe Nitratanteile im Brunnen-/Stadtwasser berücksichtigt werden. Auch pH-beeinflussenden Anteilen ist durch die Wahl der Düngerart oder eine Aufkalkung des Substra-

Tab. 2: Salzverträglichkeit verschiedener Kulturen

Salzverträglichkeit	Kulturen	Substrat-EC Schnelltest
sehr gering = sehr salzempfindlich	Orchideen, Farne, Bromelien, Aus-saaten, Vermeh-rungen, Azaleen, Eriken, Callunen	0,2 – 0,3
niedrig = salzempfindlich	Jungpflanzen, Azaleen, Eriken, Araceen,	0,4 – 0,6
mittel = weniger salz-empfindlich	Anwuchsphase, Begonien, Cyclamen; Freesien; Gerbera, Rosen	0,8 – 1,0
hoch = salzverträglich	Chrysanthemen, Nelken	1,5 – 2,0

* gemessen im 5+1-Substrat-EC-Schnelltest

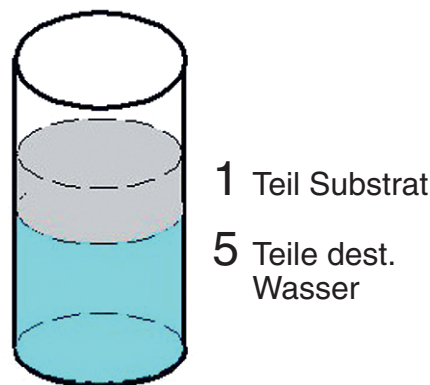


Abb. 3: 5 + 1-Substrat-EC-Schnelltest

tes vor der Kultur Rechnung zu tragen. So lassen sich extreme Korrekturen oftmals von vornherein vermeiden. Weiterhin bestimmen belastende Salzanteile im Wasser die mögliche Zudüngung. Da sich erfahrungsgemäß auch das Wasser im Jahresverlauf ändern kann, ist eine ständige Kontrolle mit Hilfe des EC-Handmessgerätes durchzuführen. Diese Werte sollten in einer Tabelle notiert werden. Die Salzverträglichkeit der Kultur stellt eine wesentliche Leitgröße für die Bewässerungsdüngung dar. In Tab. 2 sind einige, in der Praxis ermittelte Zahlen zusammengestellt. Sie sind als untere Grenzwerte anzusehen. In späteren Kulturphasen sind noch höhere Werte vertretbar.

In der Praxis hat sich seit einigen Jahren der Substrat-EC-Schnelltest (Abb. 3) bewährt, der jederzeit eine direkte Aussage über den Gesamtsalzgehalt im Kultursubstrat zulässt. Bei Abweichungen von den Zielvorstellungen kann die Düngergabemenge geändert werden. Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, sind definierte Bedingungen nötig. Deshalb erfolgt die Messung immer im gleichen Auflösungsverhältnis. Zu fünf Teilen destilliertes Wasser wird ein Teil Substratprobe gegeben, gut gemischt und darin mit einem Hand-EC-Messgerät gemessen. Die Ergebnisse sind nun vergleichbar, da:

1. die Probenmenge definiert ist (5 Teile + 1 Teil)
2. der Feuchtegehalt egalisiert wurde
3. die Temperatur berücksichtigt wird (Bezug: 25 °C).

Für reproduzierbare Messwerte hat sich diese Methode in der Praxis bewährt, weil ohne Zeitverzug sofort eine Aussage über den Pflanzenzustand gemacht werden kann. Diese im Betrieb ermittelten Optimalwerte, nach Kulturalter geordnet, können eine wertvolle Vergleichsgröße für Folgekulturen oder Kollegen darstellen.

Das Mischungsverhältnis „5 + 1“ gilt für torfhaltige Proben. Ähnliche Schnelltestmethoden, wie z. B. die Aktivitätsmessung, sind in ihrer Genauigkeit kritischer einzuordnen. Die definierten Größen Bodenfeuchte und Temperatenausgleich werden dabei methodenbedingt nicht berücksichtigt. Wenn diese Methode als Ergänzung zum definierten Substrat-EC-Schnelltest gesehen wird, kann durch das schnelle Durchmessen eines ganzen Bestandes mit dem Aktivitätsmessgerät sicherlich eine wertvolle Aussage über Niveauunterschiede im Bestand gemacht werden. Stellen sich Unterschiede ein, so ist dies jedoch mit dem Substrat-EC-Schnelltest 5+1 zu bestätigen.

Düngerdosierung, Gebrauchslösung kontrollieren

Die beschriebenen Möglichkeiten führen zu einer Düngerzudosierung bestimmter Höhe. Fehlfunktionen der Dosiereinrichtung können hier zu kulturgefährdenden Situationen führen. Umfangreiche Praxismessungen haben dies leider zu oft bestätigt. Eine wachsame Kontrolle der Düngelösung ist deshalb dringend anzuraten. Auch hierzu ist das Hand-EC-Meßgerät in der Lage. In den Bewässerungseinheiten, Tropfschläuchen, Düsensträngen usw., werden einfach kleine Becher aufgestellt, die während der Bewässerungsdüngung einen Teil des Düngewassers auffangen. Nun kann mit dem Handmessgerät einfach im Becher der richtige Wert nachgemessen werden. Aus der EC-Werttabelle der Dünger

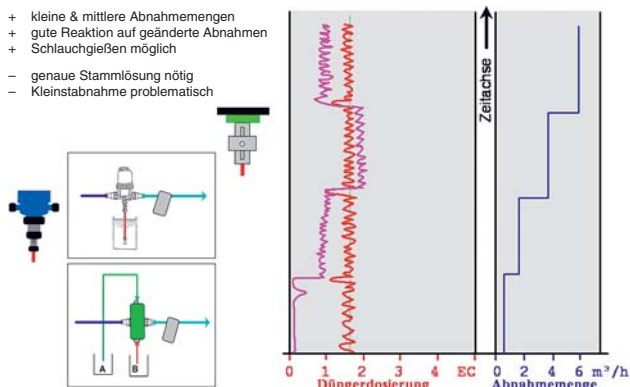


Abb. 4: Mengenproportional arbeitendes Düngerdosiergerät, eine kontinuierliche Kontrolle ist nötig; Kontrollstreifen rot = gutes Gerät, lila = mangelhaft

(Tab. 1) kann zur entsprechenden Konzentration die Leitfähigkeit abgelesen werden. Zu diesem Wert wird der EC-Wert des Gießwassers hinzugezählt. Eine Abweichung von $\pm 0,1$ EC ist unkritisch.

EC-geregelte Dosiergeräte haben zwar eine Alarmierung, sollten dennoch auf die beschriebene Art zusätzlich beobachtet werden. Je nach Wasserqualität kann der Messfühler verschmutzen und so zu kulturgefährdenden Überdosierungen führen. Die Kontrolle mit dem Handmessgerät kann dies schnell aufzeigen. Dementsprechend sind dann die Reinigungsintervalle für die EC-Fühler zu wählen. Eine Reinigung der Sonden z. B. mit 5 %iger Essigsäure (Oxalsäure) sollte dann ca. 48 Stunden lang erfolgen, 2 Stunden wie in einigen Gebrauchsanweisungen erwähnt reichen hier oft nicht aus. Mechanisch, mengenproportional arbeitende Dosiergeräte können auch durch ein eigenes, ständig messendes EC-Kontrollgerät mit Alarmausgang kontrolliert werden. Um einen brauchbaren Messwert zu erhalten, ist hier eine Mischstrecke (großer, grober Filter) nötig. Diese Mischstrecke hilft bei Kleinmengenabnahme, wie sie z. B. für einen 1/2"-Schlauch üblich sind, die Düngerkonzentrationsstöße zu vermeiden.

Stammlösungskontrolle

Menschliches Versagen führt, wie Kontrollmessungen gezeigt haben, immer wieder zu Fehlern beim Ansetzen der Stammlösung. Dabei lässt sich die richtige Konzentration der Stammlösung mit dem Hand-EC-Messgerät einfach überprüfen: hohen Bereich (0 – 200 EC) einschalten, Sonde in die Stammlösung tauchen, EC-Wert für 10 %ige Stammlösung ablesen und mit der EC-Werttabelle vergleichen. Hier ist ein wasserdichtes Kabel der Messsonde nötig, um auch Konzentrationsunterschiede im Stammlösungsbehälter in mehreren Tiefen zu erkennen. Die Werte können sehr unterschiedlich sein, tägliches Rühren oder ein Rührwerk sind kein Luxus. Halb entleerte Stammlösungsbehälter lassen sich so auch ohne genaues Auslittern oder Abwiegen, nur über den EC-Wert, nachfüllen. Nach der Messung sollte die Sonde sofort mit klarem Wasser nachgespült werden, damit die nächste Messung nicht durch Salzreste verfälscht wird.

5 EC-kontrollierte / -geregelte Düngerdosierung

In vielen Einsatzbereichen ist sicherlich der Einsatz eines Volldüngers mit einem mengenproportional arbeitenden Dosiergerät die richtige Lösung (Abb. 4). Die beschriebene Schnelltestmethode, bei der mit einem Hand-EC-Messgerät die Gebrauchslösung in einem Becher geprüft wird, reicht für solche Anlagen nicht immer aus. In diesen Fällen ist es ratsam, hinter dem Dosiergerät eine Kontroll-EC-Messung mit Alarmierung zu installieren. Auch hier muss mit einer Mischstrecke für eine gute Vermischung des Düngers mit dem Gießwasser gesorgt werden. Gegenüber den EC-geregelten Dosiergeräten bieten die mengenproportionalen Düngerdosierer, wie Dosatron, Dosmatic, Gewa, MSR usw., im Kleinabnahmebereich oft eine erheblich bessere Mengenabhängigkeit, da sie auf eine Änderung der Abnahmemenge sofort reagieren. Weiterhin ist gerade in der Kleinabnahme (1/2"-3/4"-Schlauch = 0,5 bis 4 m³/h) diese Dosiertechnik einfacher zu handhaben.

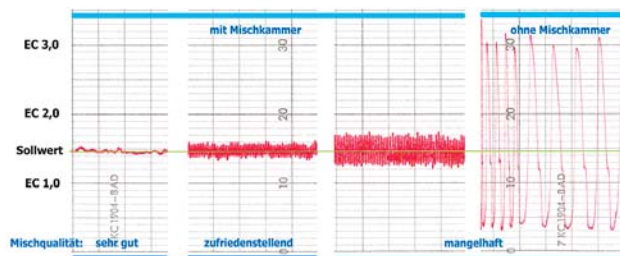


Abb. 5: Abweichungen vom Sollwert mit und ohne nachgeschaltetem Mischbehälter

Für eine gleichmäßige Düngerverteilung sind die Dosierhübe durch nachgeschaltete Mischkammern (große Filter reichen hier oft aus) zu optimieren. Der Vergleich in Abb. 5 zeigt die ausgleichende Funktion der Mischbehälter.

Sobald eine schnelle, automatische Umstellung der Düngerkonzentrationen, größere Abnahmemengen oder mehrere Bewässerungsbedarfsgruppen gefordert werden, ist die EC-geregelte, automatische Anlage vorzuziehen. Hier können, je nach Betriebsgegebenheiten, verschiedene Dosiermethoden zum Einsatz kommen.

Mischkammer-System

Das Mischkammersystem (Abb. 6) besteht aus einem 200 bis 500 Liter großen Mischbehälter, in dem über ein Schwimmerventil ein gleich bleibendes Frischwasserniveau (Brunnenwasser und/oder Regenwasser) gehalten wird. Die Wasserabnahme erfolgt mit einer eigenen Pumpe, die ständig eine kleine Teilmenge in die Mischkammer zurückspült. In diesen kleinen Kreislauf werden die EC-Meßsonde und eine eventuell vorhandene pH-Sonde eingebaut. Der Dünger wird über eine kleine Stammlösungspumpe oder Wasserstrahlpumpe in den Mischbehälter gegeben. Bei Volldüngern wird nur eine Stammlösung benutzt, bei Einzelnährstoffen nach dem A-B-Prinzip zwei, zu gleichen Mengen. Durch die große Wassermenge kann die Stammlösungszugabe meist mit einer einfachen An-Aus-Regelung erfolgen. Durch die Größe des Mischbehälters erfolgt eine gute Vermischung und Konzentrationschwankungen in der Abgabemenge können sehr gering gehalten werden. Diese Pufferung ermöglicht mit einer sehr guten Regelgenauigkeit die Abnahme von Kleinmengen wie auch Großmengen. Durch den Vorrat in der Mischkammer sind jedoch auch Sollwertänderungen, z. B. von Bewässerungsventil zu Bewässerungsventil, schwerer zu realisieren. Besteht diese Forderung, so sind zusätzliche Spülvorgänge, Leerfahren des Mischbehälters auf ein minimales Niveau zum Bewässerungsende und ähnliche Maßnahmen nötig, die der Anlagenbauer genau auf die Betriebsanforderungen abzustimmen hat.

Mitsaug-System

Für Bewässerungsanlagen mit eigener Pumpstation (keine Unterwasserpumpen) und größeren Abnahmemengen (> 10 m³/h) ist

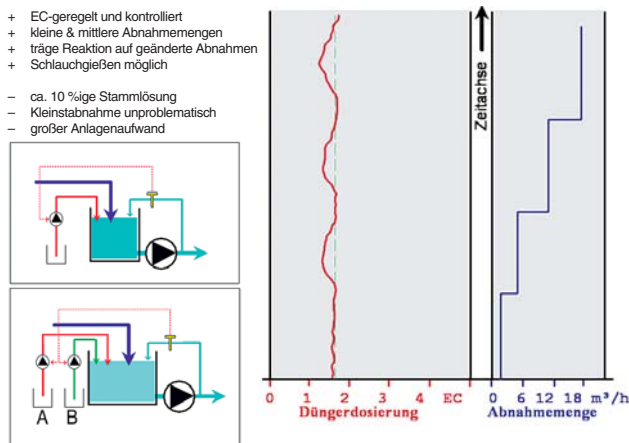


Abb. 6: Geregelte Düngerdosierung mit Hilfe eines Mischbehälters

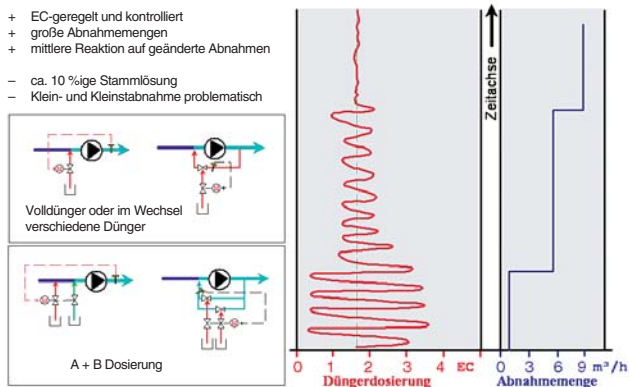


Abb. 7: Mitsaug-System zur geregelten Düngerdosierung

die Mitsaug-EC-Dosierung (Abb. 7) eine gute, praxisgerechte Lösung. Im Saugbereich der Bewässerungspumpen entsteht ein Unterdruck, der zum Ansaugen der Düngerstammlösung benutzt werden kann. Es gibt Betriebe mit sehr gleichmäßiger Abnahme, die im Ansaugbereich nur ein Handventil brauchen, das einmal auf die richtige Stellung gebracht, die Stammlösung mit z. B. 1 % mitsaugt. Aber Vorsicht! Hier sollte zumindest ein EC-Kontrollgerät die Anlage überwachen.

Richtiger ist es jedoch, in die Ansaugleitung der Düngerstammlösung ein motorgetriebenes Regelventil einzubauen. Der gemessene EC-Wert wird mit dem Sollwert verglichen und das Ventil entsprechend auf- oder zugefahren. Je größer die Abnahmemengen werden, umso unkritischer werden die Regelergebnisse, vorausgesetzt, das Ventil lässt überhaupt genügend Stammlösung durch. Bei Kleinmengen treten hier schon eher Probleme auf. Der Unterdruck wird schwächer, und die Zeit zwischen Zugabe und Messen hinter der Pumpe kann so groß werden, dass keine ordnungsgemäße Regelung mehr erfolgen kann - das Ventil läuft nur noch auf und zu (Abb. 7, unterer, roter Kurvenverlauf). Hier kann in Grenzen eine Wasserstrahlpumpe, die direkt eine Teilmenge von der Druckseite der Pumpe der Saugseite zuführt, die Regeleigenschaften verbessern, da die Messsonde schneller eine Veränderung wahrnimmt (Abb. 7, jeweils rechte Schemazeichnung).

Weiterhin ist das Ventil oft nicht für beide Einsatzbereiche (Groß- und Kleinmenge) geeignet, so dass je nach Abnahmemenge zwischen zwei Regelventilen automatisch umgeschaltet werden sollte (Abb. 8).

Diese Ausführungen können nur Möglichkeiten anreißen, die der Anlagenbauer zu lösen hat. In den Anforderungen des Auftrages sollten deshalb die gewünschten Eckwerte klar definiert und in einem Abnahmeprotokoll bestätigt werden. Für Volldüngerdosierungen ist das Regelventil sicherlich sehr genau, für A-B-Stammlösungen muss jedoch eine sehr hohe Gleichmäßigkeit der beiden Ansaugwege gefordert werden. Unterschiede in der Stamm-

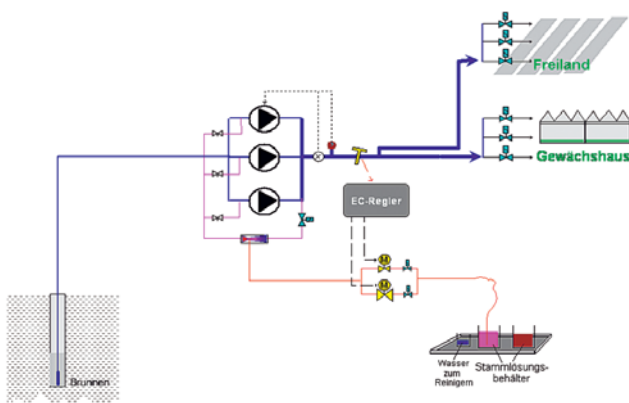


Abb. 8: Schemazeichnung einer Düngerdosieranlage mit der Umschaltmöglichkeit zwischen zwei Ventilen für Groß- und Kleinmengen

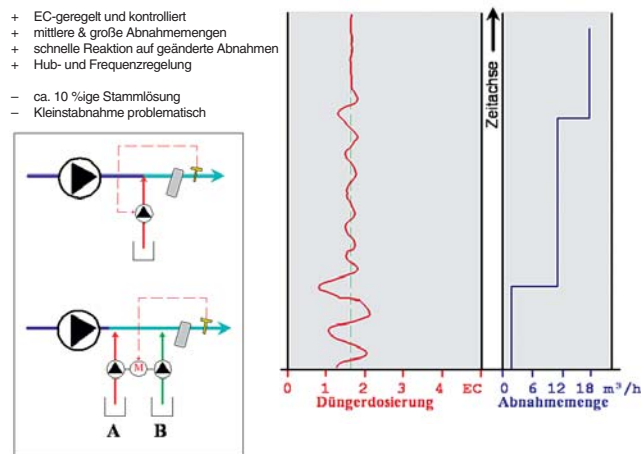


Abb. 9: Injektions-System zur geregelten Düngerdosierung

lösungsrohrführung und im Stammlösungsinhalt können schnell zu einem unterschiedlichen Mitsaugen führen. Solche Anlagen sind daher nur von sehr erfahrenen Installateuren zu erstellen.

Injektions-System

Steht nur eine Druckleitung zur Verfügung (Stadtwasser, Unterwasserpumpen), muss die Düngerstammlösung mit einem Überdruck in die Leitung gegeben werden (Abb. 9). Der technische Aufwand für die Injektionspumpen ist zwar erheblich größer als bei den Motorventilen der Mitsaugtechnik, die realisierbare Abnahmebandbreite jedoch auch. Mit dieser Technik kann auch die A-B-Dosierung wirklich zu gleichen Teilen erfolgen, weil die Dosierhübe definiert sind. Die Regelung erfolgt wieder nach dem bekannten Prinzip. Die eingespritzte Stammlösungsmenge wird kurz hinter der Injektionsstelle mit einer EC-Messsonde gemessen und mit dem Sollwert verglichen. Je nach Abweichung wird die Injektionspumpe auf- oder zugefahren. Da bei der Injektion keine so gute Vermischung, wie im Pumpengehäuse beim Mitsaugen erfolgt, ist eine wirkungsvolle Wirbelungskammer zwischen Injektionspunkt und Messstelle der EC-Sonde nötig. Ob hier ein Volldünger oder die zwei Komponenten des A-B-Systems eingespritzt werden, hängt nur von der Bauart der Injektionspumpe ab. Die EC-Messsonde erfasst in jedem Fall nur die Summe aller eingespritzten Stammlösungsmengen. Für die Anlagenauslegung müssen die benötigten Eckwerte definiert werden. Auch der Regelbereich einer Injektionspumpe hat physikalische Grenzen. Meist ist der Hub der Dosierpumpen im Verhältnis 1 : 10 verstellbar. Soll auch eine Kleinmenge optimal ausgeregt werden, muss zusätzlich zur mechanischen Hubverstellung eine Drehzahlregelung (Frequenzregelung) die Leistung des Antriebsmotors der Injektionspumpen verändern (ca. 1 : 10).

Da diese Anlagen meist verschiedene Kulturgruppen versorgen, sind auch unterschiedliche Stammlösungen gefordert. Diese Umschaltung erfolgt automatisch, wobei auf eine gute Stammlösungsrohrführung zu achten ist, damit in den Umschaltphasen keine Ausfällungen durch unverträgliche Dünger auftreten. Gegebenenfalls sind hier kurze Spülzeiten in der Stammlösungsleitung nötig.

6 Anlagenbeispiel zur Bewässerungsdüngung

Für die Düngerdosierung werden nicht einfach Geräte eingesetzt, sondern mehrere Komponenten werden zu einer gut funktionierenden Einheit zusammengefügt. Die einfachste Form, z. B. einen Volldünger mit einem mengenproportionalen Dosiergerät ins Gießwasser zu geben, ist noch „von der Stange“ zu kaufen. Doch auch hier muss schon beachtet werden, mit welchen Abnahmemengen und Konzentrationen gearbeitet werden soll. Es handelt sich um Bewässerungsdüngeranlagen, die vom Installateur sorgsam geplant sein sollten. Leider wird dies zu oft nicht gründlich genug gemacht. Der Ärger ist vorprogrammiert. Da die Düngung meist nicht von der Wasserversorgung (Pumpen) getrennt betrachtet werden kann, wird hier der Anforderung

Tab. 3: Angebotseckwerte einer praxisüblichen Bewässerungs- und Düngeanlage

Funktionsbeschreibung	zu fordernde Mindestwerte der Anlage
Pumpenstation:	
Wasserabgabemenge	1 m³/h bis 50 m³/h
Druck im Abgabebereich	5,5 bar (5,0-5,5 bar)
3 Pumpen, frequenzgeregelt	
Vorregelung Regenwasser/ Brunnenwasser:	
EC-geregelte Mischung	
Regenwasser zu Brunnenwasser	0-1 EC
Düngerdosierung:	
Einzelnährstoffe im A-B Stammlösungssystem:	
A-B Stammlösungsvariante	3 x A-B
kleinste Abnahmemenge mit Dosierung	3 m³/h
größte Abnahmemenge mit Dosierung	50 m³/h
Düngerzudosierung im gesamten Abnahmebereich	0,5 ‰ bis 2 ‰
das entspricht je nach Dünger etwa Stammlösung	0,5 EC bis 3 EC 10 ‰ig
Einregelzeit bei einem Sollwertsprung	< 30 s
Regelschwankung	+/- 0,1 EC
Ablaufsteuerung	Regenautomat (Bewässerungscomputer)

rungskatalog (Tab. 3) einer gesamten Anlage mit einem Beispiel belegt (vgl. Abb. 10).

Inbetriebnahmeprotokoll

Es hat sich als sehr wichtig erwiesen, diese Angebotseckwerte im Auftrag schriftlich zu fixieren. Zumal erst durch die Definition dieser Anforderungen die zu planende Anlage wirklich verstanden werden kann. Für eine gleichmäßige Wasserversorgung ist ein möglichst konstanter Anlagendruck nötig. Nur so kann gewährleistet werden, dass die (Dünger-) Wasserverteilung sowohl bei großer Abnahmemenge als auch beim letzten Verbraucher gleichmäßig ist. Heutige Pumpen mit mehreren Laufrädern haben eine recht gute Druckkennlinie, die über einen weiten Abnahmebereich gleich ist und erst spät abfällt. Einstufige Pumpen konnten das nicht bieten. Dieser gleichmäßige Druck über einen weiten Bereich erschwert aber die automatische Steuerung, da er eine reine druckabhängige Schaltung nicht immer zulässt. Deshalb sind viele Anlagen mit Mengennessern (z. B. Wasseruhr mit Impulsausgang) ausgestattet, die unabhängig vom Druck die Pumpe ein und ausschalten, bzw. bei Mehrpumpenanlagen (wie im Beispiel) die Pumpenfolgeschaltung realisieren. Wird zur optimalen Druckausregelung eine frequenzgeregelte Pumpe eingesetzt, kann der Druck auf +/- 0,1 bar genau gehalten werden und eine druckabhängige Schaltung der Pumpenfolge wird völlig ausgeschlossen. Die Angabe der kleinsten Abnahmemenge ist deshalb

von Bedeutung, weil sie den Abschaltpunkt definiert. Es ist zu beachten, dass eine Kleinabnahme mit einem 1/2"-Schlauch schnell unter 1 m³/h sinken kann. Ein 3/4"-Schlauch mit großer Brause lässt ca. 3,5 m³/h Wasserabgabe zu. Auf die Frequenzregelung einer Pumpe (von mehreren) kann jedoch häufig ganz verzichtet werden, wenn der Zuschaltzeitpunkt der Folgepumpe mengenabhängig und nicht druckabhängig erfolgt. Auch so ist ein relativ gleichmäßiger Druck von der kleinsten Abnahmemenge bis zur maximalen Abnahmemenge zu erreichen. Dieser Druckbereich ist jedoch im Auftrag vom Anbieter zu definieren.

Die Brunnenwasserqualitäten werden immer häufiger zum Kulturproblem, sei es durch angestiegene Salzgehalte oder durch die Umstellung auf überschussminimierende Bewässerungen (z. B. aride Bodenkultur im offenen Boden, wo sich Ballastsalze anhäufen können). Da im Unterglasanbau die Dachfläche zur Verfügung steht, ist ein Regenwassersammeln relativ einfach möglich. Um die Regenwassermenge über die ganze Kulturzeit zur Verfügung zu haben, ist es ratsam, das Brunnenwasser und das Regenwasser definiert zu mischen. Dies ist auch mit einem EC-Regelgerät möglich. Vor der eigentlichen Düngerdosierung wird, über eine EC-Sonde gemessen, eine Mischung aus Regenwasser und Brunnenwasser vorgenommen. Durch diese Lösung erhält man wieder eine bekannte Gießwasserqualität, auf die die Dünger- und Substratwahl gezielt abgestimmt werden kann.

Erst an dieser Stelle ist nun über die eigentliche Düngerzudosierung zu sprechen. Im Beispiel wurde eine Zudosierung mit A-B-Stammlösungsbehältern gewählt, weil die Regenwasserkomponente eine gezielte pH-Steuerung über die Düngewahl nötig macht. Es ist zu überlegen, wie viele verschiedene Düngeanforderungen während des gleichen Kulturzeitraumes im Betrieb benötigt werden. Die Praxis hat gezeigt, dass meist drei unterschiedliche Düngervarianten ausreichen. Um Verwechslungen vorzubeugen, sollten die Stammlösungsvarianten als I, II, III bezeichnet werden und nicht A, B, C. Zu oft wird sonst in einem Angebot von Dünger A und B gesprochen und gemeint sind in Wahrheit zwei Volldünger (= preiswertere Anlage) und nicht eine echte A-B-Dosierung. Der extreme Abnahmebereich von 1 bis 50 m³/h stellt für eine Düngerdosierung eine hohe Anforderung dar. Da besonders die Kleinmenge für solche Anlagen Probleme bereitet, wurde realistisch die kleinste Düngerabnahmemenge auf 3 m³/h begrenzt. Kleinmengen für eine 1/2"-Schlauchabnahme, also 0,2 – 2 m³/h, sollten praxisüblich über fahrbare mengenproportionale Düngerdosiergeräte (mit Mischstrecke!) realisiert werden. Dies ist auch schon wegen der großen Zuleitungsdimensionen anzuraten. Würde die Düngestation auch die richtige Ausregelung erreichen, bis diese kleine Menge am Gießgerät angelangt ist, wurde der Gießvorgang bereits fälschlich mit der Menge aus dem Zuleitungsrohr beendet. Diese Fehlermöglichkeit muss auch bei der Rohrleitungungsverlegung beachtet werden, damit unterschiedliche Düngeransprüche auch wirklich unverfälscht zu den Pflanzen kommen. Eine zusätzliche Leitung kann dann nötig werden, um direkt an der Pumpstation den richtigen Dünger weiterzuleiten. Im genannten Beispiel wird diese enorme Regelbandbreite der Zudosierung nur durch eine aufwendige Regelung (Hub- und Frequenzregelung einer Injektorpumpe) realisierbar sein. Billigangebote sollten hier ein Warnsignal sein!

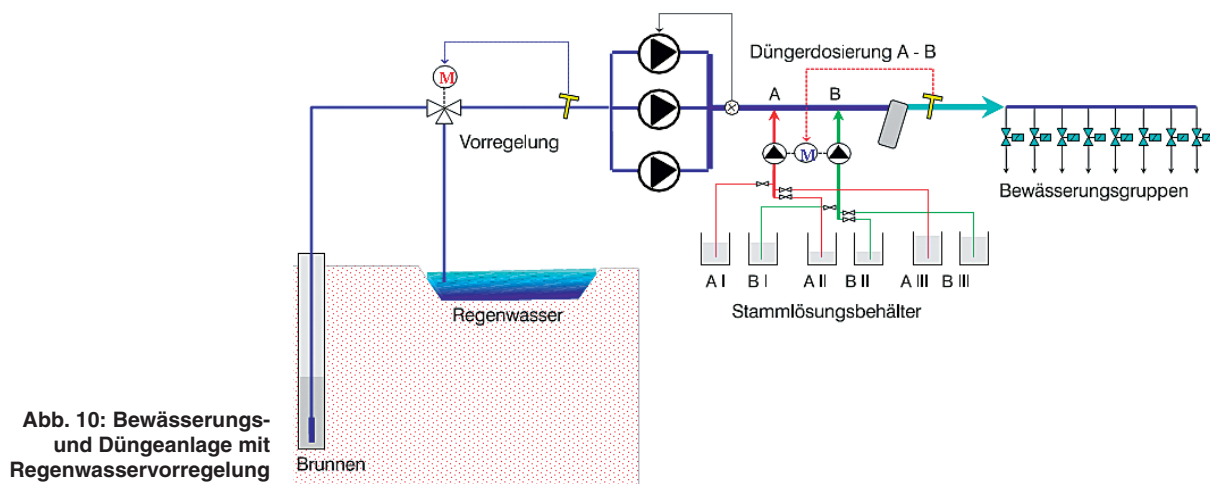


Abb. 10: Bewässerungs- und Düngeanlage mit Regenwasservorregelung

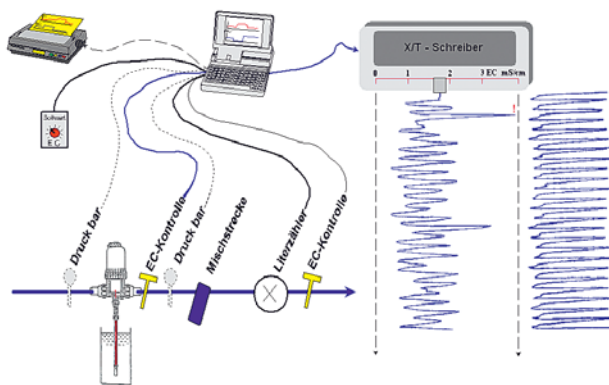


Abb.11: Funktionsprüfung einer Düngerdosierstation. Messaufbau bestehend aus Wasseruhr, Druckaufnehmer und zwei EC-Messstellen mit Schreiber für die Nachkontrolle der Anlage bzw. Inbetriebnahme

Die Düngerdosierung muss folgende Eckwerte (im Beispiel) mindestens erfüllen:

0,5 ‰ bei	3 m³/h =>	15 Liter/Stunde (Stammlösung 10 ‰ig)
2,0 ‰ bei	3 m³/h =>	60 Liter/Stunde (Stammlösung 10 ‰ig)
0,5 ‰ bei	50 m³/h =>	250 Liter/Stunde (Stammlösung 10 ‰ig)
2,0 ‰ bei	50 m³/h =>	1 000 Liter/Stunde (Stammlösung 10 ‰ig)

Da in der Beispielsanlage eine A-B-Dosierung erfolgt, wird jeweils die Hälfte der Menge aus dem Stammlösungsgefäßen A bzw. B entnommen. Die Dosierpumpe muss also bei der kleinsten Abnahmemenge je Dosierkolben 7,5 Liter in der Stunde und bei der Großmenge 500 Liter je Dosierkolben injizieren können. Erfolgt eine Düngevariante mit einem Volldünger, so ist der Volldünger einfach in beide Gefäße zu geben. Bei einer neuen Düngerwahl sollte dann jedoch sorgfältig die Stammlösungsleitung gespült werden.

Beim eigenen Nachrechnen ist darauf zu achten, dass der Dünger nicht in reiner Form vorliegt, sondern immer in einer Stammlösung, möglichst 10 ‰ig. Die zu gebende Düngermenge, im Beispiel 0,5 ‰ in 3 m³/Stunde, bedeutet 1,5 Liter reiner Dünger pro Stunde.

Auch der Ablaufsteuerung der Bewässerungsdüngung ist bei einer Neuplanung viel Zeit zu widmen. Die Düngecomputer "von der Stange" sind meist auf automatische Abläufe, wie sie in Steinkulturen anzutreffen sind, abgestimmt. Individuelle Bewässerungswünsche werden oft nur nach intensiven Gesprächen (mit dem Anbieter der Anlage) erfüllt. Die Praxis zeigt immer wieder, dass der Bewässerungsstart häufig noch von Hand ausgelöst wird und eigentlich nur der dann folgende Ablauf automatisiert werden soll. Dies trifft besonders für Gießwagen, aber auch für viele Ebbe-Flut-Tischanlagen zu. Die Prüfung des Gießverhaltens zeigt, dass oft ein Start, so einfach wie vom Regenautomat, die gewünschte Lösung bietet. Einige Anbieter sind in der Lage, sowohl die Möglichkeiten eines Bewässerungscomputers, als auch die Übersichtlichkeit eines einfachen Regenautomaten zu bieten.



Abb. 12: Dosiergerätekontrolle im Praxisbetrieb mit Schreiber zur Dokumentation der Ergebnisse

Dosiergeräte Prüfung

Genauso wichtig wie die jährliche Brennerwartung ist eine Inbetriebnahme der Anlage mit einer Kontrollmessung der zugesagten Betriebsbedingungen. Ein Testfahren sowohl mit der kleinsten Abnahmemenge und kleinsten Düngerdosierung als auch der größten Abnahme mit höchster Düngerdosierung ist notwendig, bei gleichzeitiger Aufzeichnung von Wassermenge (m³/h), Druck und EC-Wert der Gebrauchslösung, mit der kleinsten Abnahmemenge und kleinsten Düngerdosierung als auch der größten Abnahme mit höchster Düngerdosierung ist notwendig (Abb. 11). Erst dann sollte die Anlage abgenommen werden. Messungen in Praxisbetrieben (Abb. 12) mit einem Messaufbau wie in Abb. 11 haben große Abweichungen der tatsächlichen Werte von den Vorgaben ergeben – die Anlagen hätten so nicht abgenommen werden dürfen.

7 Anbieter von EC-Handmessgeräten für den Einsatz im Gartenbau

Bahrs Gartenbautechnik GmbH & Co.KG	www.bahrs.de
Brinkman b.v.	www.brinkman.com
Merulin Gartenbau	www.merulin.de
Neukum elektronik	www.neukum.de
Nieuwkoop b.v.	www.nieuwkoopbv.nl
Stelzner AGRAR GmbH	www.stelzner.de
STEP Systems GmbH	www.stepsystems.de
Testo GmbH & Co	www.testo.de
W T W Wiss.-Techn.Werkstätten	www.wtw.com

(Zusammenstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit)

Ersetzt das Arbeitsblatt 0671 gleichen Titels von 1993.