

DIN ISO 24120-1



ICS 65.060.35

**Maschinen und Geräte für die Bewässerung und die Dränung –
Leitfaden für die Implementierung von Druckbewässerungssystemen –
Teil 1: Allgemeine Grundsätze der Bewässerung (ISO 24120-1:2022)**

Agricultural irrigation equipment –
Guideline on the implementation of pressurized irrigation systems –
Part 1: General principles of irrigation (ISO 24120-1:2022)

Matériel agricole d'irrigation –
Lignes directrices relatives à la mise en oeuvre des systèmes d'irrigation sous pression –
Partie 1: Principes généraux d'irrigation (ISO 24120-1:2022)

Gesamtumfang 32 Seiten

DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW)

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	4
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Wasserwirtschaft	6
4.1 Verhältnis Boden zu Wasser	6
4.1.1 Allgemeines	6
4.1.2 Feststoffpartikel und Porosität	6
4.1.3 Bodenwasser	7
4.1.4 Bestimmung der Wassermenge in einer Bodenschicht	8
4.1.5 Wasserretention in Böden	8
4.1.6 Bodenwasserpotential und Wasserbewegung im Boden	9
4.1.7 Wasserverteilung im Boden	10
4.1.8 Verteilung von Salzen im bewässerten Bodenvolumen	16
4.1.9 Salzkonzentrationen in Abhängigkeit vom Bodenwassergehalt	20
4.1.10 Verteilung der Nährstoffe	20
4.1.11 Wurzelverteilung	21
4.2 Wasserquellen	21
4.2.1 Quellen	21
4.2.2 Auswirkungen der wichtigsten Parameter zur Einstufung der chemischen/biologischen Qualität des Bewässerungswassers auf Boden und Pflanzen	21
4.2.3 Auswirkungen der chemischen und physischen Parameter auf Filter und Tropfer	22
4.3 Wasserverteilungsnetz: Hauptleitung, Zweigrohrleitungen, Verteilungsrohre	22
5 Auslegung von Druckbewässerungssystemen	23
5.1 Allgemeines	23
5.2 Datenerfassung	23
5.2.1 Bodeneigenschaften	23
5.2.2 Oberflächentopographie	23
5.2.3 Klima	23
5.2.4 Wasserquelle und Wasserqualität	23
5.2.5 Eigenschaften des Ernteguts (Obstplantage, Feldfrüchte, Gemüse)	23
5.2.6 Örtliche Bestimmungen zur Wassernutzung	24
6 Berechnung des Bewässerungsplans	24
6.1 Allgemeines	24
6.2 Boden als Wasserspeicher	24
6.2.1 Allgemeines	24
6.2.2 Berechnung des für die Pflanze verfügbaren Wassers im Wurzelraum	24
6.2.3 Berechnung des annehmbaren Bewässerungsdefizits	24
6.2.4 Nettobewässerungstiefe	25
6.2.5 Bruttobewässerungstiefe	25
6.2.6 Auswaschung	26
6.3 Wasserbedarf des Ernteguts	26
6.4 Bewässerungsturnus	26
Anhang A (informativ) Beispiel für Bodendaten	27
Anhang B (informativ) Verfahren zur Bestimmung der Maße der befeuchteten Zone	28
B.1 Verfahren nach Shwartzman und Zur	28
B.2 Hausenberg-Verfahren [3]	29
Anhang C (informativ) Salztoleranz ausgewählter Kulturarten	31
Literaturhinweise	32

Bilder

Bild 1 — Wasserverteilung bei Beckenbewässerung [1]	11
Bild 2 — Beregnung [1]	11
Bild 3 — Wasserbewegung bei Furchenbewässerung in verschiedenen Bodenarten [1]	12
Bild 4 — Befeuchtete Zone bei Tropfbewässerung in zwei verschiedenen Bodenarten	13
Bild 5 — Schematische Darstellung der Wasserverteilung aus einzelnen Mikroregnern	14
Bild 6 — Befeuchtungsmuster bei einzelnen Mikroregnern	15
Bild 7 — Salzansammlung im Bodenprofil bei einem furchenbewässerten Feld [4]	17
Bild 8 — Salzansammlung im Bodenprofil bei einem beregneten Feld	18
Bild 9 — Muster der Salzverteilung unter einem einzelnen Tropfer [6]	19
Bild 10 — Muster der Salzverteilung unter einem einzelnen Mikro-Sprüher [7]	19
Bild 11 — Wurzelsystem bei Tropfbewässerung (rechts) im Vergleich zu Wurzelsystem bei Beregnung (links)	21

Tabellen

Tabelle 1 — Schätzwerte für die Effizienz von saisonalen Bewässerungsverfahren (geändert aus [12])	25
Tabelle 2 — Erreichbare Applikationseffizienz bei Beregnung (Applikationseffizienz im Viertel mit der geringsten Wassermenge, geändert aus [13])	25
Tabelle 3 — Schätzwerte für die Effizienz von saisonalen Bewässerungsverfahren	26
Tabelle B.1 — Werte für die Berechnung des Beispiels	29
Tabelle B.2 — Ergebnisse der Berechnung für das Beispiel für alle Datenkombinationen in Tabelle B.1	29

Nationales Vorwort

Dieses Dokument enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm ISO 24120-1:2022, die vom Technischen Komitee ISO/TC 23 „Tractors and machinery for agriculture and forestry“ erarbeitet wurde, dessen Sekretariat von AFNOR (Frankreich) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 119-02-14 AA „Bewässerung und Dränung (CEN/TC 334, ISO/TC 23/SC 18)“ im DIN-Normenausschuss Wasserwesen (NAW).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patentерklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 23, *Tractors and machinery for agriculture and forestry*, Unterkomitee SC 18, *Irrigation and drainage equipment and systems* erarbeitet.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 24120 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument ist ein Leitfaden für die Einrichtung von Druckbewässerungssystemen.

Es ist für kleine landwirtschaftliche Familienbetriebe ebenso wie für landwirtschaftliche Großbetriebe und für offene Felder oder geschlossene Bauwerke (z. B. Gewächshaus, Netzhaus) anwendbar.

Dieses Dokument ist für die Nutzung durch Landwirtschaftsministerien, Agrarwissenschaftler, Bewässerungsplaner, Landwirte und Endverbraucher vorgesehen.

2 Normative Verweisungen

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <https://www.electropedia.org/>

3.1

Feuchtefront

Grenze zwischen dem befeuchteten Bodenbereich und dem trockeneren Bodenbereich während der Versickerung

[QUELLE: Glossary of Soil Science terms, modifiziert — im Englischen wurde „dry“ durch „drier“ ersetzt.]

4 Wasserwirtschaft

4.1 Verhältnis Boden zu Wasser

4.1.1 Allgemeines

Der Boden ist ein dreiphasiges System (mineralische und organische Feststoffpartikel, Wasser und Luft). Er wird von Pflanzen als Wasserspeicher genutzt. Bei der Planung eines Bewässerungssystems sollten die Verhältnisse zwischen Boden, Wasser und Pflanzen, wie in Abschnitt 4 beschrieben, beachtet werden. Beispielwerte für bodenphysische Parameter sind in Anhang A angegeben.

4.1.2 Feststoffpartikel und Porosität

Das Bodenvolumen besteht aus Feststoffpartikeln verschiedener Korngrößen (Sand, Schluff und Ton) und Poren. Die Bodenart wird durch den relativen Anteil der drei Partikelgruppen definiert.

Die Bodenporen werden durch das nicht von den Feststoffpartikeln ausgefüllte Volumen definiert. Das Gesamtvolumen und die Porengröße hängen von der Bodenart ab. Je höher der Tongehalt des Bodens, desto höher das Gesamtporenvolumen des Bodens und desto geringer die Porengröße. Das Gesamtporenvolumen liegt bei sandigen Böden bei 35 % bis 40 %, bei schluffigen Böden bei 50 % und kann bei Tonböden bis zu 60 % betragen.

Im Zustand der Wassersättigung des Bodens sind alle Bodenporen mit Wasser gefüllt und enthalten daher keine Luft.

4.1.3 Bodenwasser

Der prozentuale Anteil des Wassers im Verhältnis zur Feststoffmasse ist das Verhältnis zwischen der Masse des Wassers und der Masse der Partikel [siehe Gleichung (1)] und wird üblicherweise durch ein gravimetrisches Verfahren bestimmt.

$$w = \frac{m_w}{m_s} \times 100 \quad (1)$$

Dabei ist

w der Wassergehalt auf Grundlage der Trockenmasse (%);

m_w die Masse des Wassers (g);

m_s die Masse des trockenen Bodens oder die Masse der Feststoffe (g).

Das gravimetrische Verfahren ist das präziseste Verfahren (und daher das Standardverfahren) für die Bestimmung des Bodenwassers. Bei diesem Verfahren werden Bodenproben 24 h (oder bis die Probe eine konstante Masse erreicht) in einem Ofen bei 105 °C getrocknet. Der gravimetrische Wassergehalt (w) kann anhand von Gleichung (2) errechnet werden:

$$w = \frac{m_{w+c} - m_{d+c}}{m_{d+c} - m_c} \times 100 \quad (2)$$

Dabei ist

m_c das Eigengewicht des Behälters;

m_{w+c} die Masse von nassem Boden + Behälter;

m_{d+c} die Masse von trockenem Boden + Behälter.

Der Prozentanteil des Wassers im Verhältnis zum Bodenvolumen (d. h. der Wassergehalt auf Grundlage des Volumens) ist das Verhältnis zwischen dem Volumen des Wassers und dem Gesamtvolumen des Bodens. Siehe Gleichung (3).

$$\theta = \frac{V_w}{V_t} \times 100 \quad (3)$$

Dabei ist

θ der Wassergehalt auf Grundlage des Volumens (%);

V_w das Volumen des Wassers (cm³);

V_t das Gesamtvolumen des Bodens (cm³).

Das gravimetrische Verfahren kann zur Bestimmung der Schüttdichte des Bodens, des Wassergehalts auf Grundlage der Trockenmasse und des Wassergehalts auf Grundlage des Volumens verwendet werden. Zu diesem Zweck sollten unverformte Bodenproben mit dem Umland-Bodenprobenehmer oder mit einem ähnlichen Gerät zur Entnahme unverformter Proben genommen werden. Die Schüttdichte des Bodens ergibt sich aus Gleichung (4), in der das Gesamtvolumen des Bodens gleich dem Volumen des Behälters ist. Unter Annahme einer konstanten Wasserdichte von 1 g·cm⁻³ ergibt sich der Wassergehalt auf Grundlage des Volumens aus Gleichung (5).

$$\rho_b = \frac{m_s}{V_t} \quad (4)$$

$$\theta = w \times \rho_b \quad (5)$$

Dabei ist

θ der Wassergehalt auf Grundlage des Volumens (%);

w der Wassergehalt auf Grundlage der Trockenmasse (%);

ρ_b die Schüttdichte des Bodens ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$).

4.1.4 Bestimmung der Wassermenge in einer Bodenschicht

Die Wassermenge in einer Bodenschicht kann als Wassertiefe in Millimetern ausgedrückt werden. Siehe Gleichung (6).

$$h = \frac{\theta}{100} \times n \quad (6)$$

Dabei ist

h die Wassertiefe in einer bestimmten Bodenschicht (mm);

θ der Wassergehalt auf Grundlage des Volumens (%);

n die Dicke der bestimmten Bodenschicht (mm).

ANMERKUNG

$$1 \text{ mm} = 1 \text{ l m}^{-2} = 10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$$

$$1 \text{ ha} = 10\,000 \text{ m}^2$$

4.1.5 Wasserretention in Böden

Die alleinige Kenntnis der Wassermenge im Boden ist ohne Kenntnis der anderen Bodeneigenschaften nicht ausreichend zur Bestimmung der Menge an pflanzenverfügbarem Bodenwasser zur entsprechenden Programmierung des Bewässerungsschemas.

Das Wasser wird durch die Oberflächenspannung des Wassers im Kontakt mit der Luft und den Kontaktwinkel zwischen dem Wasser und den Bodenpartikeln in den Bodenporen gehalten. Daraus ergibt sich eine Retentionskraft in den Bodenporen (Kapillarität), die umso höher ausfällt, je geringer der Durchmesser der Bodenporen ist.

Jeder Boden hat seine eigene charakteristische Wasserretentionskurve (Wasserspannung im Verhältnis zur Veränderung der Feuchte) in Abhängigkeit seiner Bodenart und Struktur, aus der sich seine Porengrößenverteilung ergibt.

Anhand der Wasserretentionskurve lassen sich drei Wasserzustände im Boden definieren.

- Sättigung: Nach starken Regenfällen oder übermäßiger Bewässerung füllen sich alle Bodenporen mit Wasser, und die Versickerung setzt ein; dies geschieht bei sandigen Böden schneller und bei Böden mit zunehmendem Tongehalt langsamer.
- Speicherfeuchte (θ_{FC}): Der Wassergehalt im Boden 1 Tag bis 3 Tage nach dem Zustand der Sättigung und nach weitgehendem Ende der Versickerung.

- Welkepunkt (θ_{WP}): Wenn Wasser durch die Evapotranspiration (aus Pflanzen und Böden) aus dem Boden entweicht, steigt die Spannung des Wassers (bis zu 1,5 MPa) auf einen Wert, bei dem die meisten Pflanzen das Wasser nicht mehr extrahieren können und dauerhaft verwelken.

Das gesamte pflanzenverfügbare Bodenwasser kann anhand der in Prozent ausgewiesenen Differenz zwischen dem Wassergehalt bei Speicherfeuchte und dem Wassergehalt am permanenten Welkepunkt berechnet werden. Siehe Gleichung (7).

$$W_{TA} = \left(\frac{\theta_{FC} - \theta_{WP}}{100} \right) n \quad (7)$$

Dabei ist

W_{TA} das gesamte pflanzenverfügbare Bodenwasser in einer bestimmten Bodenschicht (mm);

θ_{FC} der Wassergehalt auf Grundlage des Volumens bei Speicherfeuchte (%);

θ_{WP} der Wassergehalt auf Grundlage des Volumens am Welkepunkt (%);

n die Dicke der bestimmten Bodenschicht (mm).

4.1.6 Bodenwasserpotential und Wasserbewegung im Boden

Auf das Wasser im Boden wirken diverse Kräfte. Aus diesem Grund weicht das Potential von Bodenwasser vom Potential von ungebundenem Reinwasser ab. Diese Kräfte beruhen auf der Anziehung des Wassers zur Feststoffmatrix des Bodens (Tonpartikel und organische Substanz) sowie auf dem Vorhandensein gelöster Salze und dem Einfluss der Schwerkraft. Das Bodenwasserpotential kann als Summe der einzelnen Beiträge jeder dieser Kräfte ausgedrückt werden, wie in Gleichung (8) gezeigt.

$$\Psi_t = \Psi_g + \Psi_m + \Psi_o + \dots \quad (8)$$

Dabei ist/sind

Ψ_t das gesamte Bodenwasserpotential;

Ψ_g das Gravitationspotential;

Ψ_m das Matrixpotential;

Ψ_o das osmotische Potential;

... Ausdrücke anderer Terme des Bodenwasserpotentials, die theoretisch existieren.

Die Richtung der Wasserbewegung zwischen zwei Punkten im Boden wird durch das Vorhandensein einer Differenz im Bodenwasserpotential (Ψ_t) bestimmt. Die Bewegung verläuft vom Punkt mit dem höchsten Potential zu einem Punkt mit einem niedrigeren Potential. Bei der Bewegung des Bodenwassers zwischen zwei Punkten ist das osmotische Potential (Ψ_o) vernachlässigbar (aufgrund des Fehlens einer semipermeablen Membran zwischen den beiden Punkten), sodass das Bodenwasserpotential auf die Summe aus Gravitationspotential (Ψ_g) und Matrixpotential (Ψ_m) beschränkt ist ($\Psi_t = \Psi_g + \Psi_m$).

Das Gravitationspotential von Wasser an einem gegebenen Punkt im Boden wird durch die relative Höhe des Punktes im Boden bestimmt (z. B. relativ zur Oberfläche).

Das Matrixpotential wird auch Kapillarpotential genannt. Es entsteht infolge der Kapillarität (die von der Größe der Bodenporen abhängig ist) und der Wasseradsorptionskräfte (durch Anziehung zu Feststoffpartikeln, insbesondere Ton und organische Substanz).

4.1.7 Wasserverteilung im Boden

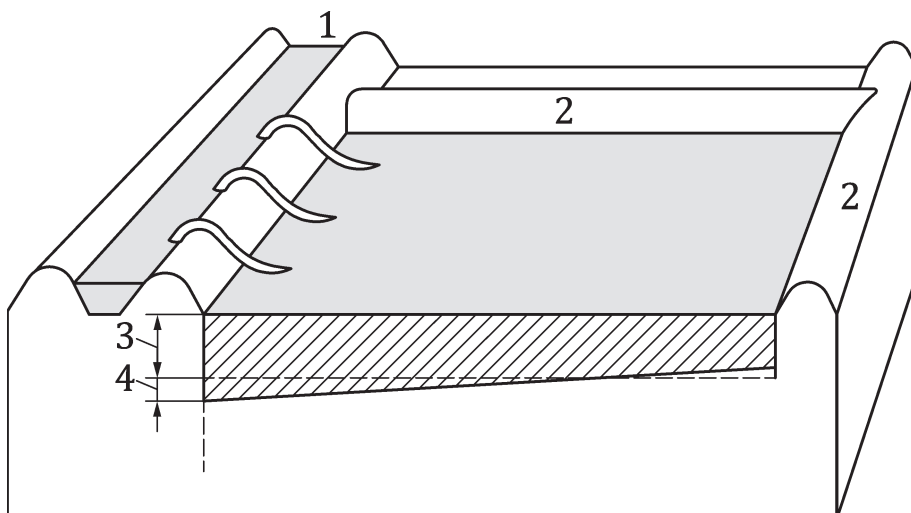
4.1.7.1 Verfahren mit Befeuchtung der gesamten Oberfläche

Bewässerungsverfahren mit Befeuchtung der gesamten Oberfläche (Beckenbewässerung und einige Beregnungsverfahren) sind darauf ausgelegt, eine gleichmäßige Wasserverteilung über die gesamte Bodenoberfläche zu bewirken, ähnlich wie bei natürlichem Regen. Die treibenden Kräfte hinter der Bewegung des Wassers im Boden bei der Bewässerung ist die Schwerkraft (die Differenz im Gravitationspotential des Bodenwassers zwischen der Oberfläche und tieferen Bodenschichten) sowie die Differenz im Matrixpotential zwischen den beiden Seiten der Feuchtefront.

Im Allgemeinen ist die Feuchtefront eine Ebene, die sich parallel zur Bodenoberfläche verschiebt. Die horizontale Bewegung des Wassers geschieht, wenn es einen Unterschied in der Bodenfeuchte gibt, also eine Differenz im Matrixpotential zwischen zwei gleich tief liegenden Punkten im Boden. Bei Verfahren mit Befeuchtung der gesamten Oberfläche existiert diese Differenz nur innerhalb der Grenzen des bewässerten Grundstücks, in dem die Kontaktebene zwischen der feuchten Zone und der trockenen Zone (die Feuchtefront entlang der Grundstücksgrenzen) im Verhältnis zur Oberfläche des Gebiets und der Feuchtefront in vertikaler Richtung nur eine sehr kleine Fläche darstellt. Daher ist die seitliche Beweglichkeit im Verhältnis zur vertikalen Bewegung nur sehr gering, und das durch Wasserbewegung in horizontaler Richtung befeuchtete Volumen ist im Verhältnis zum gesamten bewässerten Bodenvolumen minimal. Das Wassermuster bei Beckenbewässerung ist in Bild 1 dargestellt und das Wassermuster bei Beregnung in Bild 2.

Bei der Beckenbewässerung mit idealem Befeuchtungsmuster gibt es geringe Durchsickerungsverluste in der Nähe des Feldkanals und dadurch eine geringe Durchsickerungstiefe am gegenüberliegenden Ende. Wenn die Zuflussrate nicht ausreichend ist, ist die Durchsickerung in der Nähe des Kanals hoch, und die Durchsickerungstiefe ist zum Ende hin geringer als unter optimalen Bedingungen (siehe Bild 1).

Bei der Beregnung ergibt sich die gleichmäßige Wasserverteilung auf der Bodenoberfläche durch ausreichend überlappende Verteilungsmuster nebeneinander liegender Regner. Das Ausmaß der Überlappung richtet sich nach dem charakteristischen Verteilungsmuster des einzelnen Regners, das wiederum je nach Regnerart, Höhe der Regner über dem Erntegut, Düsen, Druckhöhe und Windbedingungen unterschiedlich ist. Das Ausmaß der Überlappung und der Gleichförmigkeit sind zudem abhängig von der Geschwindigkeit der Bewegung und davon, ob für den Prozenttimer 30 s, 60 s, 120 s oder ein anderer Wert eingestellt ist.



a) Ideales Befeuchtungsmuster