

Hydraulische Berechnungen Mühlgraben

1.1 Gewässerdaten

Der Mühlgraben fließt, von Beginn des Gewässerlaufes bis zur Einmündung in den *Appelbach* auf einer Länge von rd. 1.270 m bei einer Höhendifferenz von 22 m entlang landwirtschaftlicher Nutzflächen.

Das mittlere Sohlgefälle über die Länge des Fließweges beträgt ca. 17 ‰.

Die nutzbare Grabentiefe im vorgenannten Streckenabschnitt schwankt zwischen 0,30 m und 1,50 m.

1.2 Außengebietsfläche

längster Fließweg im Einzugsgebiet	$\Delta L = 1.800 \text{ m}$
Höchste Erhebung im Einzugsgebiet:	$H = 156 \text{ müNN}$
Mündungshöhe <i>Appelbach</i> :	$H = 112,00 \text{ müNN}$
Höhenunterschied über die Länge des Fließweges:	$\Delta H = 44 \text{ m}$

Fließzeit: $T_K =$

$$T_K = 0,0195 \cdot \left(\sqrt{\frac{\Delta L^3}{\Delta H}} \right)^{0,77}$$

$$T_K = 0,0195 \cdot \left(\sqrt{\frac{(1.800 \text{ m})^3}{44 \text{ m}}} \right)^{0,77}$$

$$T_K = 26 \text{ min}$$

Die Fließzeit im Einzugsgebiet des Mühlbachs beträgt bei den örtlichen Gegebenheiten ca. 26 Minuten bis zur Einmündung in den *Appelbach*.

Der Berechnung wurde ein 30-Minuten Regen zu Grunde gelegt.

Das auf den Mühlgraben entwässernde Außengebiet wurde mit 68 ha ermittelt.

1.3 Bemessungsregen und resultierender Regenwasserabfluss

Regenspende bei einer Jährlichkeit mit 50-jähriger Wiederkehrzeit:

$$r_{30,n=0,02}$$

$$r = 190,6 \frac{l}{s} \cdot ha$$

Abfluss zum *Appelbach*:

$$Q_{30,n=0,02}$$

$$Qr = 190,6 \frac{l}{s} \cdot ha \cdot 68 ha \cdot 0,05$$

$$Qr = 648 \frac{l}{s}$$

Dem *Appelbach* werden bei einem Starkregenereignis mit 30-Minuten Dauer und 50-jähriger Wiederkehrzeit rd. 650 l/s Außengebietszufluss zugeführt.

1.4 Gewässerprofil im Streckenabschnitt 1+035 bis 1+270

Die mögliche Einleitung des unverschmutzten Niederschlagwassers aus dem NBG in den Mühlgraben erfolgt ab Station 1+035.

Der Mühlgraben wurde daher ab Station 1+035 bis zur Einmündung in den *Appelbach* auf seine hydraulische Leistungsfähigkeit überprüft.

Der Mühlgraben verläuft im Streckenabschnitt 1+035 bis 1+135 mit 0,29 m Gegengefälle.

D.h. bis zu Profil 1+135 staut sich die Sohle max. 0,29 m auf bis es zum Abfluss kommt.

Rechnerisch angesetzt wird ein Aufstau von insgesamt 0,40 m sodass ein theoretisches Gefälle von 1,1 ‰ besteht. Im weiteren Verlauf von Station 1+135 bis Station 1+260 beträgt das mittlere Sohlgefälle 9,1 ‰.

Profil Station 1+035

Gefälleabschnitt:	$I = 1,1 \text{ ‰}$
Sohlbreite:	$b_{so} = 0,80 \text{ m} + 2 \times 0,31 \text{ m} = 1,42 \text{ m}$
Nutzbare Grabentiefe:	$h = 1,32 \text{ m} - 0,29 \text{ m Einstau} = 1,03 \text{ m}$
Böschungsneigung:	$m_1 = 1:1,1$
Strickler Rauheit:	$k_{st} = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (Böschungen verkrautet)
Durchflussquerschnitt:	$A = b_{so} \times h + m \times h^2 = 2,63 \text{ m}^2$

Durch Bewuchs 2/3 des Durchflussquerschnittes nutzbar: $A_{\text{Nutz}} = 1,753 \text{ m}^2$

$$\text{benetzter Umfang: } l_u = b_{so} + 2 h \sqrt{1 + m^2} = 4,48 \text{ m}$$

$$\text{hydraulischer Radius: } r_{hy} = \frac{A_u}{l_u} = 0,391 \text{ m}$$

Der Mühlgraben verläuft im Streckenabschnitt 1+035 bis 1+135 mit 0,29 m Gegengefälle.

$$\text{Fließgeschwindigkeit: } v = k_{st} \times r_{hy}^{\frac{2}{3}} \times I_{so}^{\frac{1}{2}} = 0,53 \text{ m/s}$$

$$\text{Abführbare Wassermenge: } Q = v \times A = 0,933 \text{ m}^3/\text{s}$$

Wasserstand bei $Q_{ab}=650 \text{ l/s}$:

Fließtiefe bei $Q_{ab} = 650 \text{ l/s}$: $h = 0,86 \text{ m}$ (iterativ ermittelt)

$$\text{Durchflussquerschnitt: } A = b_{so} \times h + m \times h^2 = 2,005 \text{ m}^2 \times 2/3 = 1,337 \text{ m}^2$$

$$\text{benetzter Umfang: } l_u = b_{so} + 2 h \sqrt{1 + m^2} = 3,926 \text{ m}$$

$$\text{hydraulischer Radius: } r_{hy} = \frac{A}{l_u} = 0,340 \text{ m}$$

$$\text{Fließgeschwindigkeit: } v = k_{st} \times r_{hy}^{\frac{2}{3}} \times I_{so}^{\frac{1}{2}} = 0,485 \text{ m/s}$$

$$\text{Abführbare Wassermenge: } Q = v \times A = 0,649 \text{ m}^3/\text{s}$$

Bei der abzuführenden Wassermenge besteht rechnerisch ein Freibord von 0,17 m.

Profil Station 1+085

Gefälleabschnitt:	$I = 1,1 \text{ ‰}$
Sohlbreite:	$b_{so} = 1,30 \text{ m} + 2 \times 0,28 \text{ m} = 1,86 \text{ m}$
Nutzbare Grabentiefe:	$h = 1,04 \text{ m} - 0,23 \text{ m Einstau} = 0,81 \text{ m}$
Böschungsneigung:	$m_1 = 1:1,2$
Strickler Rauheit:	$k_{st} = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (Böschungen verkrautet)
Durchflussquerschnitt:	$A = b_{so} \times h + m \times h^2 = 2,294 \text{ m}^2$
Durch Bewuchs 2/3 des Durchflussquerschnittes nutzbar:	$A_{Nutz} = 1,529 \text{ m}^2$
benetzter Umfang:	$l_u = b_{so} + 2 h \sqrt{1 + m^2} = 4,391 \text{ m}$
hydraulischer Radius:	$r_{hy} = \frac{A_n}{l_u} = 0,348 \text{ m}$
Fließgeschwindigkeit:	$v = k_{st} \times r_{hy}^{\frac{2}{3}} \times I_{so}^{\frac{1}{2}} = 0,493 \text{ m/s}$
Abführbare Wassermenge:	$Q = v \times A = 0,754 \text{ m}^3/\text{s}$

Wasserstand bei $Q_{ab}=650 \text{ l/s}$:

Fließtiefe bei $Q_{ab} = 650 \text{ l/s}$:	$h = 0,75 \text{ m}$ (iterativ ermittelt)
Durchflussquerschnitt:	$A = b_{so} \times h + m \times h^2 = 2,07 \text{ m}^2 \times 2/3 = 1,38 \text{ m}^2$
benetzter Umfang:	$l_u = b_{so} + 2 h \sqrt{1 + m^2} = 4,203 \text{ m}$
hydraulischer Radius:	$r_{hy} = \frac{A}{l_u} = 0,328 \text{ m}$
Fließgeschwindigkeit:	$v = k_{st} \times r_{hy}^{\frac{2}{3}} \times I_{so}^{\frac{1}{2}} = 0,474 \text{ m/s}$
Abführbare Wassermenge:	$Q = v \times A = 0,653 \text{ m}^3/\text{s}$

Bei der abzuführenden Wassermenge besteht rechnerisch ein Freibord von 0,06 m.

Profil Station 1+135

Gefälleabschnitt:	$I = 9,1 \text{ ‰}$
Sohlbreite:	$b_{so} = 1,10 \text{ m}$
Nutzbare Grabentiefe:	$h = 1,40 \text{ m}$
Böschungsneigung:	$m_1 = 1:1,11$
Strickler Rauheit:	$k_{st} = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (Böschungen verkrautet)
Durchflussquerschnitt:	$A = b_{so} \times h + m \times h^2 = 3,716 \text{ m}^2$
Durch Bewuchs 2/3 des Durchflussquerschnittes nutzbar:	$A_{Nutz} = 1,529 \text{ m}^2$
benetzter Umfang:	$l_u = b_{so} + 2 h \sqrt{1 + m^2} = 4,391 \text{ m}$
hydraulischer Radius:	$r_{hy} = \frac{A_n}{l_u} = 0,469 \text{ m}$
Fließgeschwindigkeit:	$v = k_{st} \times r_{hy}^{\frac{2}{3}} \times I_{so}^{\frac{1}{2}} = 1,727 \text{ m/s}$
Abführbare Wassermenge:	$Q = v \times A = 4,279 \text{ m}^3/\text{s}$

Wasserstand bei $Q_{ab}=650 \text{ l/s}$:

Fließtiefe bei $Q_{ab} = 650 \text{ l/s}$:	$h = 0,54 \text{ m}$ (iterativ ermittelt)
Durchflussquerschnitt:	$A = b_{so} \times h + m \times h^2 = 0,918 \text{ m}^2 \times 2/3 = 0,612 \text{ m}^2$
benetzter Umfang:	$l_u = b_{so} + 2 h \sqrt{1 + m^2} = 2,714 \text{ m}$
hydraulischer Radius:	$r_{hy} = \frac{A}{l_u} = 0,0225 \text{ m}$
Fließgeschwindigkeit:	$v = k_{st} \times r_{hy}^{\frac{2}{3}} \times I_{so}^{\frac{1}{2}} = 1,060 \text{ m/s}$
Abführbare Wassermenge:	$Q = v \times A = 0,649 \text{ m}^3/\text{s}$

Bei der abzuführenden Wassermenge besteht rechnerisch ein Freibord von 0,86 m.

Profil Station 1+185

Gefälleabschnitt:	$I = 9,1 \text{ ‰}$
Sohlbreite:	$b_{so} = 1,50 \text{ m}$
Nutzbare Grabentiefe:	$h = 1,00 \text{ m}$
Böschungsneigung:	$m_1 = 1:1,11$
Strickler Rauheit:	$k_{st} = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (Böschungen verkrautet)
Durchflussquerschnitt:	$A = b_{so} \times h + m \times h^2 = 3,00 \text{ m}^2$
Durch Bewuchs 2/3 des Durchflussquerschnittes nutzbar:	$A_{Nutz} = 2,00 \text{ m}^2$
benetzter Umfang:	$l_u = b_{so} + 2 h \sqrt{1 + m^2} = 5,106 \text{ m}$
hydraulischer Radius:	$r_{hy} = \frac{A}{l_u} = 0,392 \text{ m}$
Fließgeschwindigkeit:	$v = k_{st} \times r_{hy}^{\frac{2}{3}} \times I_{so}^{\frac{1}{2}} = 1,532 \text{ m/s}$
Abführbare Wassermenge:	$Q = v \times A = 3,064 \text{ m}^3/\text{s}$

Wasserstand bei $Q_{ab}=650 \text{ l/s}$:

Fließtiefe bei $Q_{ab} = 650 \text{ l/s}$:	$h = 0,45 \text{ m}$ (iterativ ermittelt)
Durchflussquerschnitt:	$A = b_{so} \times h + m \times h^2 = 0,979 \text{ m}^2 \times 2/3 = 0,653 \text{ m}^2$
benetzter Umfang:	$l_u = b_{so} + 2 h \sqrt{1 + m^2} = 3,122 \text{ m}$
hydraulischer Radius:	$r_{hy} = \frac{A}{l_u} = 0,209 \text{ m}$
Fließgeschwindigkeit:	$v = k_{st} \times r_{hy}^{\frac{2}{3}} \times I_{so}^{\frac{1}{2}} = 1,008 \text{ m/s}$
Abführbare Wassermenge:	$Q = v \times A = 0,658 \text{ m}^3/\text{s}$

Bei der abzuführenden Wassermenge besteht rechnerisch ein Freibord von 0,55 m.

Profil Station 1+235

Gefälleabschnitt:	$I = 9,1 \text{ ‰}$
Sohlbreite:	$b_{so} = 1,25 \text{ m}$
Nutzbare Grabentiefe:	$h = 1,30 \text{ m}$
Böschungsneigung:	$m_1 = 1:1,39$
Strickler Rauheit:	$k_{st} = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (Böschungen verkrautet)
Durchflussquerschnitt:	$A = b_{so} \times h + m \times h^2 = 3,974 \text{ m}^2$
Durch Bewuchs 2/3 des Durchflussquerschnittes nutzbar:	$A_{Nutz} = 2,649 \text{ m}^2$
benetzter Umfang:	$l_u = b_{so} + 2 h \sqrt{1 + m^2} = 5,702 \text{ m}$
hydraulischer Radius:	$r_{hy} = \frac{A_n}{l_u} = 0,465 \text{ m}$
Fließgeschwindigkeit:	$v = k_{st} \times r_{hy}^{\frac{2}{3}} \times I_{so}^{\frac{1}{2}} = 1,717 \text{ m/s}$
Abführbare Wassermenge:	$Q = v \times A = 4,548 \text{ m}^3/\text{s}$

Wasserstand bei $Q_{ab}=650 \text{ l/s}$:

Fließtiefe bei $Q_{ab} = 650 \text{ l/s}$:	$h = 0,49 \text{ m}$ (iterativ ermittelt)
Durchflussquerschnitt:	$A = b_{so} \times h + m \times h^2 = 0,946 \text{ m}^2 \times 2/3 = 0,631 \text{ m}^2$
benetzter Umfang:	$l_u = b_{so} + 2 h \sqrt{1 + m^2} = 2,928 \text{ m}$
hydraulischer Radius:	$r_{hy} = \frac{A}{l_u} = 0,215 \text{ m}$
Fließgeschwindigkeit:	$v = k_{st} \times r_{hy}^{\frac{2}{3}} \times I_{so}^{\frac{1}{2}} = 1,028 \text{ m/s}$
Abführbare Wassermenge:	$Q = v \times A = 0,649 \text{ m}^3/\text{s}$

Bei der abzuführenden Wassermenge besteht rechnerisch ein Freibord von 0,81 m.

Profil Station 1+260 – 1+262,5 mit Verrohrung DN 1000

Verrohrung DN 1000	A = 0,628 m ²
Sohlhöhe	112,57 müNN
OK Gelände Verrohrung	113,97 müNN

Bei der vorhandenen Druckhöhe von 1,40 m bis Überströmen des Geländes können max. 2.304 l/s dem *Appelbach* zufließen.

$$\max Q = \sqrt{\frac{\Delta H \cdot x \cdot 2g \cdot x \cdot A^2}{1 + \sum \zeta}} = \sqrt{\frac{1,4 \cdot x \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot x \cdot (0,628)^2}{1 + 1,04}} = 2,304 \text{ m}^3/\text{s}$$

Gravitationskonstante: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Summe der Verluste:

$$\zeta_{\text{Reibung}} = (2 \log 3,71 \text{ d/k}_b)^{-2} \cdot L/d$$

$$= (2 \log 3,71 \cdot 1000/0,25)^{-2} \cdot 2,50/1,00 = 0,04$$

$$\zeta_{\text{Auslauf}} = 1,00$$

$$\Sigma \zeta = 1,04$$