<u>Vorangehensweise:</u> 1) Geh den Programmablauf von oben bis zum erstmaligen Eintritt der Schleife im Gedanken durch und notiere, was zu den jeweiligen Kontroll=punkten gilt.

2) Geh einmal entlang der Schleife und überlege, was dort passiert in jedem Durchlauf.

3) Annotiere bei A eine Zusicherung, die <u>immer</u> gilt, d.h. vor dem ersten Betreten, vor jedem weiteren Betreten und vor Verlassen der Schleife.

4) Annotiere nun basierend auf A die restlichen Punkte D, C, B, G, F, E
(E muss $Sum = 3^n$ implizieren!)

5) Zeige die lokale Konsistenz!

$M \equiv true$

$L \equiv true$

$K \equiv n \leq 0$

$\mathcal{J} \equiv n \geq 0$

$J \equiv n \geq 0 \wedge Sum = 0$

$H \equiv n \geq 0 \wedge Sum = 0 \wedge prod = 1$

$A \equiv Sum = \sum_{k=0}^{i-1} 3^k \wedge prod = 3^i \wedge i \leq n$

$G \equiv Sum = \sum_{k=0}^{i-1} 3^k \wedge i = n \equiv Sum = \frac{3^i - 1}{2} \wedge i = n$

$F \equiv Sum = 3^i \wedge i = n \equiv Sum = 3^n \wedge i = n$

$E \equiv F$

$\sum_{i=0}^{n} q^i = \frac{q^{n+1} - 1}{q - 1}$ gilt auch für $n = -1$, da $0 = \frac{q^0 - 1}{q - 1}$

$D \equiv Sum = \sum_{k=0}^{i-1} 3^k \wedge prod = 3^i \wedge i < n$

$C \equiv Sum = \sum_{k=0}^{i} 3^k \wedge prod = 3^i \wedge i < n$

$B \equiv Sum = \sum_{k=0}^{i} 3^k \wedge prod = 3^{i+1} \wedge i < n$

<u>Lokale Konsistenz:</u> $WP[\![i = i+1]\!](A) \equiv Sum = \sum_{k=0}^{i} 3^k \wedge prod = 3^{i+1} \wedge i < n \equiv B$

$WP[\![prod = 3 * prod]\!](B) \equiv$ —— " —— $prod = 3^i \wedge i < n \equiv C \equiv D$

$WP[\![Sum = Sum + prod]\!](C) \equiv Sum = \sum_{k=0}^{i-1} 3^k \wedge prod = 3^i \wedge i < n$

$WP[\![write(Sum)]\!](E) \equiv E \equiv F$

$WP[\![Sum = 2 * Sum + 1]\!](F) \equiv i = n \wedge Sum = \frac{3^n - 1}{2} \Leftarrow G$

$$
\begin{aligned}
WP[\![i != n]\!](G, D) &\equiv (i = n \wedge G) \vee (i != n \wedge D) \\
&\equiv Sum = \sum_{k=0}^{i-1} 3^k \wedge ((i = n) \vee (i < n \wedge i != n \wedge prod = 3^i) \\
&\equiv Sum = \sum_{k=0}^{i-1} 3^k \wedge ((i = n) \vee (i < n \wedge prod = 3^i) \Leftarrow A
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
WP[\![i = 0]\!](A) &\equiv Sum = 0 \wedge prod = 3^0 \wedge 0 \leq n \\
&\equiv Sum = 0 \wedge prod = 1 \wedge n \geq 0 \equiv H
\end{aligned}
$$

$WP[\![prod = 1]\!](H) \equiv Sum = 0 \wedge n \geq 0 \equiv J$

$WP[\![Sum = 0]\!](J) \equiv n \geq 0 \equiv \mathcal{J}$

$WP[\![n = -n]\!](\mathcal{J}) = n \leq 0 \equiv K$

$WP[\![n > 0]\!](K, \mathcal{J}) = n \leq 0 \vee (n > 0 \wedge n \geq 0) \equiv true \equiv L$

$WP[\![n = read()]\!](L) \equiv true \equiv M$

$\square$